

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical transmitting section which multiplexes two or more wavelength signal light, and transmits as a wavelength multiple-signal light, Two or more nodes which have the optical receive section which separates wavelength multiple-signal light spectrally into two or more wavelength signal light, and receives, Have two or more input port and two or more output ports, and the wavelength multiple-signal light inputted from each input port is separated spectrally into a mutually different output port. Have the wavelength demultiplexing component which multiplexes and outputs the inputted signal light of mutually different wavelength to each output port from two or more input port, and said wavelength demultiplexing component is minded. In the wavelength multiplexing network which carries out Hypercube network connection (henceforth "HCN connection") of the nodes from which only 1 bit of the node number which indicated by binary among said two or more nodes differs While connecting said multi-wavelength light with the multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of the wavelength used for transmission from each node in said wavelength multiplexing network non-become irregular in the output port of each of said node It has an optical branching means to separate the wavelength multiple-signal light transmitted from the output port of each of said node from said multi-wavelength light, and to connect with the predetermined input port of said wavelength demultiplexing component. The optical multiplexer/demultiplexer which separates spectrally a light of the wavelength assigned, respectively from said multi-wavelength light inputted into the optical transmitting section of each of said node non-become irregular, The wavelength multiplexing network characterized by being the configuration which is equipped with the reflective mold optical modulator which becomes irregular by the sending signal and turns up a light of each wavelength non-become irregular, multiplexes the wavelength signal light outputted from each reflective mold optical modulator with said optical multiplexer/demultiplexer, and is transmitted as said wavelength multiple-signal light.

[Claim 2] The optical transmitting section which multiplexes two or more wavelength signal light, and transmits as a wavelength multiple-signal light, Two or more nodes which have the optical receive section which separates wavelength multiple-signal light spectrally into two or more wavelength signal light, and receives, Have two or more input port and two or more output ports, and the wavelength multiple-signal light inputted from each input port is separated spectrally into a mutually different output port. Have the wavelength demultiplexing component which multiplexes and outputs the inputted signal light of mutually different wavelength to each output port from two or more input port, and said wavelength demultiplexing component is minded. In the wavelength multiplexing network which makes HCN connection of said two or more nodes While connecting said multi-wavelength light with the multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of the wavelength used for transmission

from each node in said wavelength multiplexing network non-become irregular in the output port of each of said node Optical branching and the coupling means which separates the wavelength multiple-signal light transmitted from the output port of each of said node from said multi-wavelength light, and combines in a predetermined combination for HCN connection, respectively, and is connected to the predetermined input port of said wavelength demultiplexing component, The wavelength multiple-signal light outputted from the output port of said wavelength demultiplexing component is branched to plurality. The optical multiplexer/demultiplexer which separates spectrally a light of the wavelength assigned, respectively from said multi-wavelength light which is equipped with an optical branching means to connect with two or more nodes of a predetermined combination for HCN connection, and is inputted into the optical transmitting section of each of said node non-become irregular, The wavelength multiplexing network characterized by being the configuration which is equipped with the reflective mold optical modulator which becomes irregular by the sending signal and turns up a light of each wavelength non-become irregular, multiplexes the wavelength signal light outputted from each reflective mold optical modulator with said optical multiplexer/demultiplexer, and is transmitted as said wavelength multiple-signal light.

[Claim 3] In the wavelength multiplexing network which makes HCN connection of two or more subHypercube networks where HCN connection of two or more nodes was made said node The optical transmitting section which transmits the wavelength multiple-signal light used for the HCN connection between said subHypercube networks, It has the optical receive section which receives the wavelength multiple-signal light used for connection between said subHypercube networks. Said subHypercube network Have two or more input port and two or more output ports, and other object for an output and two objects for an input to a subHypercube network are equipped with the wavelength demultiplexing component which carries out multiplexing/demultiplexing of the wavelength multiple-signal light inputted from each input port to a mutually different output port. The wavelength multiple-signal light which transmits to other subHypercube networks from each node in said subHypercube network is connected to each input port of the wavelength demultiplexing component for said output. Between the subHypercube networks which connect to each node the wavelength multiple-signal light outputted from each output port of the wavelength demultiplexing component for said input, and serve as HCN connection It adds to the configuration which connects each output port of the wavelength demultiplexing component for said output of each of said subHypercube network, and each input port of the wavelength demultiplexing component for said input. The multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of the wavelength used for connection between said each subHypercube network of said wavelength multiplexing network non-become irregular, While inputting said multi-wavelength light from the output port of the wavelength demultiplexing component for said output and connecting with the output port of each of said node The wavelength multiple-signal light outputted from the output port of the wavelength demultiplexing component for said output is separated from said multi-wavelength light. It has an optical branching means to connect with the input port of the wavelength demultiplexing component for the input of other subHypercube networks which make HCN connection. The optical multiplexer/demultiplexer which separates spectrally a light of the wavelength assigned, respectively from said multi-wavelength light inputted into the optical transmitting section of each of said node non-become irregular, The wavelength multiplexing network characterized by being the configuration which is equipped with the reflective mold optical modulator which becomes irregular by

the sending signal and turns up a light of each wavelength non-become irregular, multiplexes the wavelength signal light outputted from each reflective mold optical modulator with said optical multiplexer/demultiplexer, and is transmitted as said wavelength multiple-signal light.

[Claim 4] It is the wavelength-multiplexing network characterized by to be the configuration which outputs the white light containing the wavelength which uses said multi-wavelength light source for transmission from each node in a wavelength-multiplexing network according to claim 1 to 3, inputs said white light from the output port side of said wavelength demultiplexing component through said optical branching means, outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of each wavelength non-become irregular from each input port, and supplies to each node.

[Claim 5] In a wavelength multiplexing network according to claim 3 said node The wavelength (henceforth "object for inner sense") multiple-signal light for making HCN connection in said subHypercube network, The optical transmitting section which multiplexes the wavelength (henceforth "object for outwardness") multiple-signal light for making HCN connection of between said subHypercube networks, and transmits, It has the optical receive section which separates spectrally the wavelength multiple-signal light for said inside sense, and the wavelength multiple-signal light for said outwardness, and receives. Said subHypercube network The group branching filter which separates spectrally the object for sense, and the wavelength multiple-signal light for said outwardness while [said] it was transmitted from said node, and is connected to the wavelength demultiplexing component for making HCN connection for said inside sense, and the wavelength demultiplexing component for said output, It has the group multiplexing machine which multiplexes the object for sense, and the wavelength multiple-signal light for said outwardness while [said] inputting into said inside sense from the wavelength demultiplexing component for making HCN connection, and the wavelength demultiplexing component for said input, and is connected to said each node. The multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of the wavelength used for the HCN connection for said inside sense other than said multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of the wavelength used for the HCN connection for said outwardness non-become irregular non-become irregular, The wavelength multiplexing network characterized by having an optical branching means to separate the wavelength multiple-signal light transmitted from the output port of each of said node from said multi-wavelength light, and to connect with said group branching filter while connecting the multi-wavelength light for said inside sense to the output port of each of said node.

[Claim 6] It is the wavelength multiplexing network characterized by being the configuration which separates the wavelength multiple-signal light outputted from the output port of each of said node from said multi-wavelength light, and is connected to said group branching filter while said optical branching means connects the multi-wavelength light said object for outwardness, and for said inside sense to the output port of each of said node in a wavelength multiplexing network according to claim 5.

[Claim 7] In a wavelength multiplexing network according to claim 3 to 6 said subHypercube network The wavelength multiplexing and the time multiplied conversion circuit which changes and outputs wavelength multiple-signal light to the signal light of the single wavelength by which time multiplied was carried out, It has the time multiplied and the wavelength multiplexing conversion circuit which changes and outputs the signal light of the single wavelength by which time multiplied was carried out to wavelength multiple-signal light. Said wavelength multiplexing and time multiplied conversion circuit

are connected to each output port of the wavelength demultiplexing component for said output. The wavelength multiple-signal light outputted from each output port of the wavelength demultiplexing component for said outwardness is changed into the signal light of mutually different single wavelength by which time multiplied was carried out, respectively. Have the wavelength multiplex circuit which carries out wavelength multiplexing of it and outputs it, and wavelength separation of the wavelength multiple-signal light inputted from the outside is carried out. It has the wavelength separation circuit inputted into said time multiplied and wavelength multiplexing conversion circuit as a signal light of mutually different single wavelength by which time multiplied was carried out, respectively. The wavelength multiplexing network characterized by constituting a Hypercube network, using the subHypercube network equipped with said each circuit as a node of a wavelength multiplexing network according to claim 3 to 5.

[Claim 8] In a wavelength multiplexing network according to claim 3 to 7, between the subHypercube networks used as HCN connection In case each output port of the wavelength demultiplexing component for said output of each of said subHypercube network and each input port of the wavelength demultiplexing component for said input are connected It has the multicore fiber optic cable which concentrates two or more optical fibers linked to each output port and each input port of said wavelength demultiplexing component. The wavelength multiplexing network which brings together the other end of said multicore fiber optic cable connected to said each subHypercube network in one place, makes HCN connection of the core wire, and is characterized by being the configuration of transmitting said multi-wavelength light to each node through said multicore fiber optic cable.

[Claim 9] It is the wavelength multiplexing network characterized by what said subHypercube network was constituted for by the wavelength multiplexing network according to claim 1 or 2 in the wavelength multiplexing network according to claim 3 to 8.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the network configuration method which share-izes the light source arranged at each node by two or more nodes in the wavelength multiplexing network which realizes a high throughput and a fault-tolerant network by constituting a Hypercube network using a wavelength multiplexing technique and a circumference nature wavelength demultiplexing component (for example, array waveguide diffraction skeleton pattern filter (AWG)).

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the network use including the Internet is progressing quickly by making the spread of personal computers, and development of a high-speed optical-communication technique into a background. In office, the network of in-house business -- liaison is made by E-mail -- is progressing. Moreover, an electronic mail and the Internet are beginning to be used for communication with the exterior, inquiry for the balances of a bank, electronic shopping, etc. also at a home. Thus, the communication network is asked for the more and more large capacity-ization as network use on all the scenes of a life progresses.

[0003] As for the communication network, the classification is made according to scales, such as the number of connection terminals, and connection distance. There is a LAN (LocalArea Network) as a network for interconnecting a computer terminal etc. in comparatively small fields, such as inside of a building, works, office, and a campus, first. The network where the network scale spread to fields, such as an area and a city, is called WAN (Wide Area Network) or MAN (Metropolitan Area Network). Furthermore, the wide area network etc. is considered as a network for the inside of domestic or the world. Existing independently has few these networks and they constitute the huge network which is connected mutually and spreads all over the world.

[0004] The communication network consists of transmission lines which connect between two or more communication link nodes and a communication link node. A communication link node has a switching function for having two or more input/output terminals and outputting them to the output destination change of a request of the inputted signal. Moreover, a transmission line secures the communication link between nodes. In order to accelerate a network, the application of an optical communication type which used the optical fiber as a transmission line is effective. It became possible to enlarge transmission capacity and a transmission distance by leaps and bounds by application of the optical communication type using an optical fiber compared with the case where the conventional metal cable is used.

[0005] There are mainly a light-hour division multiplex communication system (TDM), a light wave length multiplex communication system (WDM), and a space multiplex communication system (SDM) that multicore-ize an optical fiber further, and transmit and receive a signal in an optical communication type. Two or more electrical signals are multiplexed on a time-axis, are changed into a high-speed lightwave signal, and a TDM method inputs them into an optical fiber. In a receiving end, it dissociates and outputs to two or more signals of even if it changes a receiving lightwave signal into an electrical signal. The near-infrared light generally used with an optical communication type is a hundreds of THz electromagnetic wave, and it is theoretically possible to generate the modulating signal of terahertz order. On utilization level, light-hour division multiplex communication of 40-gigabit per second is already realized by laboratory level hundreds of gigabit per second.

[0006] A WDM method is a method which changes into two or more modulating-signal light which has wavelength which is mutually different in two or more electrical signals, and is transmitted with one optical fiber. In an optical receiving end, signal light is separated for every wavelength using an optical filter, and it changes and outputs to an electrical signal, respectively. Since high capacity communication is possible for it even if a wavelength multiplex communication system does not have so large the signal speed of each modulating-signal light compared with a light-hour division multiplex communication system, it has the description that the burden to an electrical circuit is small. Therefore, research and development in the network configuration method which used the wavelength multiplex communication system as the base is done actively

recently.

[0007] The proposal which realizes the Hypercube network (henceforth "HCN") known as efficient network configuration is made using a WDM method and an array waveguide diffraction-grating mold filter (henceforth "AWG") as one of the network configuration methods using a WDM method.

[0008] Drawing 18 shows the conventional example which realizes HCN combining a WDM method and AWG. This conventional example is a configuration currently indicated by JP,8-242208,A (Hypercube mold interconnection network). Drawing 19 shows the configuration of HCN by eight nodes.

[0009] In drawing, it displays in the addresses 000-111 to which eight nodes are given by each. Nodes 000-111 have the transceiver section 51, the optical multiplexing machine 52, and an optical separator 53, respectively. The I/O optical link of nodes 000-111 is connected to the input/output port 0-7 of AWG1 in order. That is, the input port 0 and the output port 0 of a node 000 and AWG1 are connected, and the input port 7 and the output port 7 of a node 111 and AWG1 are connected like the following.

[0010] Drawing 20 shows the relation of the node connected to the signal wave length and each input/output port between the input/output port of AWG. AWG of 8 input 8 output is wavelength λ_0 - λ_7 inputted into input port 0. Wavelength λ_0 - λ_7 which separated signal light spectrally into output ports 0-7, and was inputted into input port 1. Signal light is separated spectrally into output ports 7, 0-6, and wavelength and an output port shift cyclically like the following. That is, while outputting eight inputted waves from an output port different, respectively, the signal light of mutually different wavelength from each input port carries out wavelength multiplexing to each output port, and is outputted to it. Generally circumference nature, a call, and such a component are called circumference nature wavelength demultiplexing component for such a property of AWG. In addition, although this specification explains focusing on AWG, it is not limited to AWG.

[0011] Here, HCN is explained briefly. HCN is one sort of the network configuration method for connecting $2n$ of nodes of an individual (n is a positive integer), and when a node number is expressed with a binary number (as for the time of an individual (n is a positive integer), the $2n$ of the numbers of nodes turns into a binary number of n bits), it connects the nodes which only 1 bit of a node number has reversed. For example, in HCN in case the number of nodes is 8, the operating wavelength at that time is understood [λ_1 λ_2 , λ_4 , then] are good from drawing 20 that what is necessary is just to connect a node 000 and nodes 001, 010, and 100. Namely, wavelength λ_1 , λ_2 , and λ_4 it was multiplexed [wavelength] with the optical multiplexing vessel 52 of a node 000 as shown in drawing 18. If a lightwave signal is inputted into the input port 0 of AWG1, it will be separated spectrally into output ports 1, 2, and 4, and will be inputted into nodes 001, 010, and 100, respectively. It is the same about other nodes (hatching shows in drawing 20). Drawing 19 shows signs that nodes were connected under such a connection regulation. Drawing shows having composition which has arranged the node on the cubical square. Incidentally, n is called degree of HCN and 3rd HCN which consists of eight nodes is called HCN.

[0012] Now, it is reported that HCN which connects between nodes under the above regulation has various advantages. First, the number of wiring when interconnecting many nodes can be lessened. The total number M of wiring for realizing n -th HCN (several nodes $N = 2n$ individual) is $M = n^2$. It becomes an individual. On the other hand, the total number T of wiring at the time of carrying out unity coupling of the node of for example, N individual is $T = N^2$. It becomes. Here, since it is $M < T$, if the total number of nodes

increases, HCN will become advantageous in respect of the total number of wiring.'

[0013] Next, the number of average hop (the number of nodes via which it will go by the time it reaches a desired node) can be made small. Although it is n , for example by the mesh network, the number of the maximum hop of HCN serves as $2\sqrt{n}$ (N is the total number of nodes), and if the number of nodes increases, it will become too advantageous [HCN].

[0014] Next, they are the simplicity of routing, and network flexibility. As compared with one's node number, routing of each node incorporates the destination node number of the sent signal by its node, when the same, and when it differs, the node number should just transmit it to the node which the bit has reversed as compared with a destination node number among the nodes to which its node is connected. Moreover, since the path at the time of performing a signal transfer between arbitration nodes is not a general way as drawing 19 also shows, even if some wiring goes out, it is also controllable to bypass other paths. Moreover, each node can also enlarge the throughput of a signal transfer by dividing and transmitting the signal of the same destination node to two or more wiring, although it connects with two or more nodes.

[0015] Thus, HCN has various advantages and has mainly been applied as a connection network between the interprocessor in a parallel computer, or processor-memory. However, when it was going to apply HCN to the actual network, there was a problem that wiring became complicated.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In HCN which combined a conventional WDM method and conventional AWG, when the degree of HCN tended to be enlarged and it was going to enlarge the network scale, the number of input/output port of AWG also needed to be enlarged. however, the number of ports which it is not easy the number to make [many] the number of ports of AWG, and can be realized with a present condition technique -- at most -- they are 32 ports. Therefore, by the conventional method, 5th order can be realized only to HCN.

[0017] Moreover, although the configuration which uses a part of input/output port of AWG for an escape was also proposed in above-mentioned JP,8-242208,A (Hypercube mold interconnection network) in order to secure expandability, it was difficult to realize large-scale HCN from the number of input/output port of AWG being limited as mentioned above. Moreover, since manufacture of AWG will also become difficult if the number of input/output port becomes large, there is also a problem which becomes expensive.

[0018] Moreover, in above HCN, each node needed to have the light source only for a degree of a Hypercube. With the configuration of 3rd HCN shown in drawing 18 , each node needed to have the light source for three waves assigned, respectively. Since the light source used for such a node needed to output the wavelength designed beforehand to stability, its yield at the time of light source manufacture was bad, and it had the problem which circumference circuits, such as a thermal control circuit and a wavelength monitor circuit, will also become large-scale, and becomes expensive.

[0019] This invention aims at offering the wavelength multiplexing network which enables network large-scale-ization easily and cheaply in HCN which makes HCN connection of between two or more nodes using a WDM method and AWG, attaining share-ization of the light source of each node.

[0020]

[Means for Solving the Problem] In this invention, the following means realize network large-scale-izing and reduction of the total number of the light sources in HCN which

makes HCN connection of between two or more nodes using a WDM method and AWG.
[0021] First, in the wavelength multiplexing network of claim 1, it has the multi-wavelength light source which outputs the multi-wavelength light of the wavelength used by HCN, and the multi-wavelength light outputted from the multi-wavelength light source is inputted from the output port of each node. In each node, it has the optical multiplexer/demultiplexer which separates spectrally a light of the wavelength assigned from the multi-wavelength light inputted, respectively non-become irregular, and the reflective mold optical modulator which becomes irregular by the sending signal and turns up a light of each wavelength non-become irregular, the wavelength signal light outputted from each reflective mold optical modulator is multiplexed with an optical multiplexer/demultiplexer, and it transmits as a wavelength multiple-signal light.

[0022] Network scale expansion is performed as follows. In the wavelength multiplexing network of claim 2, an optical coupler is arranged and seen in the input/output port of AWG, the upper number of input/output port is increased, and large-scale HCN is realized using AWG of the small number of input/output port by arranging the number of the node connected to each input/output port, the number of wavelength, wavelength, etc. so that it may become HCN connection. The multi-wavelength light outputted from the multi-wavelength light source is inputted from the output port of each node through the optical coupler arranged in the input port of AWG, and is taken as the configuration which chooses from multi-wavelength light a light assigned, respectively non-become irregular, modulates, and is turned up by each node which has a reflective mold optical modulator.

[0023] Moreover, in the wavelength multiplexing network of claim 3, large-scale HCN is realized by arranging AWG for a signal output, and AWG for a signal input in the factice HCN who consists of two or more nodes by which HCN connection was made, and considering as the configuration which makes HCN connection of each factice HCN with a WDM method. The multi-wavelength light source used for the HCN connection between Factices HCN is inputted from the output port of AWG for a signal output.

[0024] Here, in the wavelength multiplexing network of claims 1-3, the multi-wavelength light source is good also as a configuration which outputs the white light containing the wavelength used for transmission from each node, inputs the white light from the output port side of a wavelength demultiplexing component through an optical branching means, outputs the multi-wavelength light which multiplexed a light of each wavelength non-become irregular from each input port, and is supplied to each node (claim 4).

[0025] Moreover, in HCN for outwardness which makes HCN connection of between two or more factices HCN with a WDM method, the HCN connection for inside sense also consists of wavelength multiplexing networks of claims 5 and 6 using AWG and a WDM method by combining a group multi/demultiplexer. The number of the optical fibers outputted and inputted from each node can be lessened by this, and cheaply large-scale HCN is realized. In addition, the multi-wavelength light used for the HCN connection for outwardness is inputted with the multi-wavelength light which inputs from the output port of AWG for a signal output, and inputs into the output port of each node, or (claim 5) is used for the HCN connection for inside sense from the output port of each node (claim 6).

[0026] Moreover, in the wavelength multiplexing network of claim 7, it considers as the configuration which can extend HCN recursively in above HCN which makes HCN connection of between two or more factices HCN with a WDM method by connecting time multiplexed and a wavelength multiplexing conversion circuit (TDM/WDM), and wavelength multiplexing and a time multiplexed conversion circuit (WDM/TDM) to the signal I/O edge to Factice HCN, respectively. Thereby more large-scale HCN is realized.

[0027] Moreover, in the wavelength multiplexing network of claim 8, in above HCN

which makes HCN connection of between two or more factices HCN with a WDM method, after concentrating all the factices' HCN input output line for two or more input output lines to Factice HCN to one place in a bundle, HCN connection is made. By such configuration, physical HCN connection can be made the star network near the configuration of the existing communication network, and network construction cost including construction of a fiber optic cable etc. is made small. Moreover, multi-wavelength light can be efficiently supplied to each node by inputting multi-wavelength light through a fiber optic cable from a part for a concentrator.

[0028] By constituting HCN hierarchical combining each above means, HCN can be built more efficiently. In addition, HCN given [Factice HCN] in claims 1 and 2 constitutes the wavelength multiplexing network of claim 9.

[0029]

[Embodiment of the Invention] (The 1st operation gestalt: 3rd HCN by AWG of eight ports : claim 1) Drawing 1 shows the 1st operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. This operation gestalt applies this invention to a configuration conventionally which realizes 3rd HCN combining the WDM method and AWG which are shown in drawing 18 .

[0030] In drawing, the overall configuration by nodes 000-111 and AWG1 is the same as a configuration conventionally. It is the configuration which inputs into the transmit port of nodes 000-111 the multi-wavelength light outputted from the multi-wavelength light source 40 through the optical coupler 2 with this operation gestalt, respectively, chooses a light of the wavelength assigned from multi-wavelength light by each node, respectively non-become irregular, modulates using a reflective mold optical modulator, and is transmitted by return. On the other hand, the configuration of the receiving system in each node is not different from the conventional thing. In addition, an optical circulator may be used for the optical coupler 2.

[0031] Drawing 2 shows the example of a configuration of the multi-wavelength light source 40. In addition, in the wavelength multiplexing network of drawing 1 , it is the configuration which uses six waves of wavelength λ_0 , λ_1 , λ_2 , λ_4 , λ_5 , and λ_6 , and the multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light which has those wavelength. That is, the multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light which has two or more wavelength which responded to the wavelength used in a wavelength multiplexing network.

[0032] In drawing, the multi-wavelength light source 40 has the light source 41-1 to 41-6 of the output wavelength λ_0 , λ_1 , λ_2 , λ_4 , λ_5 , and λ_6 , and it is multiplexed with the optical multiplexing vessel 42, and through an optical amplifier 43 and an optical isolator 44, each output light (light non-become irregular) branches eight, and is outputted with the optical coupler 45. Each ***** is inputted into nodes 000-111 through the optical coupler 2 shown in drawing 1 , respectively. In addition, when an optical circulator is used as an optical coupler 2, an optical isolator 44 is not necessarily needed.

[0033] In addition, it is good also as a configuration which starts a light of each wavelength non-become irregular with an optical filter, and is multiplexed, amplified, and branched and outputted after that from the white light containing the transmission wave length of each node as the multi-wavelength light source 40. In this case, it is possible to operate AWG1 as an optical filter and to also make the multi-wavelength light of wavelength λ_0 - λ_7 output from each input port, respectively by inputting from the output port side of AWG1 which shows the white light to drawing 1 (claim 4).

[0034] Drawing 3 shows the example of a configuration of a node 000. In addition, a node

000 is a configuration which transmits and receives the signal light of wavelength, λ_1 , λ_2 , and λ_4 , and a light of required wavelength non-become irregular is chosen from the multi-wavelength light of wavelength λ_0 , λ_1 , λ_2 , λ_4 , λ_5 , and λ_6 inputted.

[0035] In drawing, if the multi-wavelength light (λ_0 , λ_1 , λ_2 , λ_4 , λ_5 , λ_6) outputted from the multi-wavelength light source is inputted into the optical multiplexer/demultiplexer 54 of a node 000, a light of wavelength λ_1 , λ_2 , and λ_4 non-become irregular will be separated spectrally, and it will be inputted into the reflective mold optical modulator 55-1 to 55-3 which corresponds, respectively. Each reflective mold optical modulator modulates and carries out line folding of the light non-become irregular by the sending signal, respectively. It is multiplexed with an optical multiplexer/demultiplexer 54 and the signal light of wavelength λ_1 , λ_2 , and λ_4 is inputted into the input port 0 of AWG1 through the optical coupler 2 shown in drawing 1. On the other hand, it is outputted from the output port 0 of AWG1, and it is separated spectrally with an optical separator 53 and the signal light of wavelength λ_1 , λ_2 , and λ_4 inputted into a node 000 is received by the electric eye 56-1 to 56-3.

[0036] In addition, with the optical separator 53 and optical multiplexer/demultiplexer 54 of each node, since transceiver wavelength is decided, respectively, each nodes 000-111 are set up so that multiplexing/demultiplexing of the wavelength assigned, respectively may be carried out. Moreover, with the configuration shown in drawing 1, since the transceiver wavelength in each node is the same, an optical multiplexer/demultiplexer 54 and an optical separator 53 have the same multiplexing/demultiplexing property. About the example of a configuration of an optical multiplexer/demultiplexer 54 (optical separator 53) and the reflective mold optical modulator 55, it mentions later.

[0037] Thus, with this operation gestalt, each node does not have the light source but has composition which modulates a light inputted from the outside non-become irregular with a reflective mold optical modulator, and is transmitted by return. Generally the requirements over precision of wave length are severe, the temperature control circuit and feedback control circuit for drift compensation of the oscillation wavelength accompanying a temperature change are needed a component simple substance is not only expensive, but, and the wavelength multi-promotion-to-a-responsible-post light source is expensive. Each node needed the three light sources by 3 order HCN which consists of eight nodes, and the 24 light sources were conventionally [which is shown in drawing 18] required of the configuration in the whole network. On the other hand, with this operation gestalt, the number of the light sources should just equip the one multi-wavelength light source with six waves.

[0038] Generally, in order to realize n-th HCN (the number of nodes is $2n$ individual), it is necessary to equip each node with the n light sources, and in the whole network, it is $nx2n$. The light source of an individual was required. The number of the light sources which are needed with the configuration of this operation gestalt is $2n$. It becomes below an individual. Thus, network cost can be sharply made small by share-izing the wavelength multi-promotion-to-a-responsible-post light source of each node, and reducing the number of the light sources sharply.

[0039] (The 2nd operation gestalt: 4th HCN by AWG of eight ports : claim 2) Drawing 4 shows the 2nd operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. This operation gestalt shows 4 order HCN (16 nodes) constituted using AWG of eight ports. In addition, this operation gestalt is 6 order HCN by AWG of 16 ports according to AWG of HCN and 32 ports the 5th order and 8 order HCN according to AWG of HCN and

64 ports the 7th order, and 128. A sequential escape can be carried out like 9 order HCN by AWG of a port, and 10 order HCN (it indicates in detail to Japanese Patent Application No. 11-234681 (wavelength multiplexing network)).

[0040] In drawing, nodes 0000-1111 have an optical multiplexer/demultiplexer 54, the reflective mold optical modulator 55, an optical separator 53, and an electric eye 56, respectively. It is inputted into nodes 0000-1111 through the optical coupler 2, respectively, a light of the wavelength assigned from multi-wavelength light by each node, respectively non-become irregular is chosen, and clinch transmission of the multi-wavelength light (λ_0 - λ_7) outputted from the multi-wavelength light source 40 is modulated and carried out using a reflective mold optical modulator. However, multi-wavelength light is distributed to two nodes by one optical coupler.

[0041] The signal light transmitted from the nodes 0000 and 1000 used as the pair to which multi-wavelength light is distributed multiplexes with the clinch light coupler 2, and is inputted into the input port 0 of AWG1. Like the following, nodes 0001-0111 and nodes 1001-1111 become sequence with a pair, respectively, it is multiplexed with the optical coupler 2 and the signal light outputted from the node of each pair is inputted into the input port 1-7 of AWG1 in order. Moreover, the optical coupler 3 is connected to the output ports 0-7 of AWG1, signal light is inputted into nodes 0000-0111 in order, and the signal light of another side is inputted into nodes 1111-1000 for while dichotomizing, respectively in order.

[0042] The fundamental configuration of this operation gestalt is the same as HCN of the 1st operation gestalt shown in drawing 1. A different point is a point which enabled I/O of the wavelength multiple-signal light of two or more nodes around one port of AWG1. Then, it connects with the input port 0 and the output port 0 of AWG1, and a node 0000 connects a node 1000 to the input port 0 and the output port 7 of AWG. Similarly, it connects with the input port 1 and the output port 1 of AWG1, and a node 0001 connects a node 1001 to the input port 1 and the output port 6 of AWG1. That is, although nodes 0000-0111 are connected to the input/output port 0-7 of the same number in order, it connects with input port 0-7 in order, and nodes 1000-1111 are connected to output ports 7-0 by the reverse order.

[0043] Here, such connection explains the principle which can constitute 4th HCN (16 nodes) using AWG of eight ports. 16 nodes 0000-1111 are divided into two groups of the most significant bits 0 and 1, and a node number and the input/output port number (binary numeral) of AWG are drawing 5 (a) about a match about a low order triplet. It is drawing 5 (b) about that to which it is shown, a node number and the input port number (binary numeral) of AWG are in agreement, and an output port number (binary numeral) is connected by the reverse order. It is shown.

[0044] Drawing 5 (a) Nodes 0000-0111 are connected to input port 0-7, nodes 0000-0111 are connected to output ports 0-7, and it becomes the input/output relation (hatching in drawing shows) as HCN with the 3rd same order shown in drawing 20. In addition, the wavelength used between each input/output port of HCN connection is the same as that of drawing 20.

[0045] Drawing 5 (b) The descending order of a node which connects nodes 1000-1111 to input port 0-7, connects nodes 1111-1000 to output ports 0-7, and connects with output ports 0-7 is drawing 5 (a). They are a thing and reverse. It is the operating wavelength at that time that HCN should just connect a node 1000 and nodes 1001, 1010, and 1100 in such arrangement λ_3 , λ_5 , and λ_6 . Then, it turns out that it is good. It is the same about other nodes (hatching in drawing shows). Thereby, 3rd HCN is constituted and input port and an output port understand [two kinds of / symmetrical] that can

connect with coincidence for two nodes, respectively.

[0046] Drawing 6 shows an example of 4 order HCN connection-related [by AWG of eight ports]. This is drawing 5 (a) and (b). It combines and the wavelength between input/output port is omitted. Node (0000 1000) - (0111 1111) is connected to the input port 0-7 of AWG in a pair, respectively, and node (0000 1111) - (0111 1000) is connected to output ports 0-7 in a pair, respectively. O The mark is drawing 5 (a). The combination which was shown by hatching and which makes HCN connection is shown, and ** mark is drawing 5 (b). The combination which was shown by hatching and which makes HCN connection is shown. Moreover, - and ** mark are drawing 5 (a). The node and drawing 5 (b) which are shown It is shown that the shown node becomes HCN connection.

[0047] Namely, the node 0000 connected to input port 0, for example needs to connect with nodes 0001, 0010, 0100, and 1000 from the definition of HCN, and is λ_1 , λ_2 , λ_4 , and λ_7 , respectively. It connects. The node 1000 connected to the same input port 0 on the other hand needs to connect with nodes 0000, 1001, 1010, and 1100 from the definition of HCN, and is wavelength λ_0 , λ_6 , λ_5 , and λ_3 , respectively. It connects. Even if this is the case where the wavelength multiple signal from two nodes is multiplexed and inputted into one port, it shows that HCN connection is possible, without the wavelength for connection overlapping mutually. Drawing 6 shows that the same is said of other input/output port.

[0048] In addition, this operation gestalt is a configuration which uses eight waves of wavelength λ_0 - λ_7 , and the multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light which has those wavelength. Moreover, with this operation gestalt, the transmission wave length and received wavelength in each node differ from each other. The nodes 0000-0111 shown in drawing 4 R> 4 show received wavelength to an upper case, show transmission wave length to the lower berth, and nodes 1000-1111 show transmission wave length to an upper case, and they show received wavelength to the lower berth. For example, in a node 0000, a light of wavelength λ_1 , λ_2 , λ_4 , and λ_7 non-become irregular is chosen from the multi-wavelength light of wavelength λ_0 - λ_7 , and a reflective mold optical modulator is used and it transmits by return [modulation and]. It is multiplexed with the signal light and the optical coupler 2 of wavelength λ_0 , λ_3 , λ_5 , and λ_6 which are outputted from a node 1000, and this signal light is inputted into the input port 0 of AWG1. Although the wavelength multiple-signal light of wavelength λ_0 - λ_7 is outputted to the output port 0 of AWG1, it dichotomizes with the optical coupler 3 on the other hand and it is inputted into a node 0000 and a node 1111, in a node 0000, the signal light of wavelength λ_0 , λ_1 , λ_2 , and λ_4 is received.

[0049] Thus, the transmission wave length of a node 0000 is λ_1 , λ_2 , λ_4 , and λ_7 , received wavelength turns into wavelength λ_0 , λ_1 , λ_2 , and λ_4 , and both are not in agreement. Also in other nodes, it is the same. Therefore, in the optical separator 53 and optical multiplexer/demultiplexer 54 of each nodes 0000-1111, it is set up so that multiplexing/demultiplexing of the wavelength assigned, respectively may be carried out.

[0050] (The 3rd operation gestalt: Claim 3) Drawing 7 shows the 3rd operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. Secondary HCN is made into Factice HCN and this operation gestalt explains the case with four nodes where connect four factices HCN and 4th HCN (16 nodes) is constituted.

[0051] In drawing, factices 00-HCN 11 hold nodes 0000-0011, nodes 0100-0111, nodes 1000-1011, and nodes 1100-1111, respectively, and HCN connection of between each node is made. For example, as the factice HCN00, the bidirectional connection of between

a node 0000-0001, 0000-0010, 0001-0011, and 0010-0011 is carried out, respectively. In addition, reference is not made especially about the class of interconnection at the time of realizing Factice HCN.

[0052] Each factice HCN is equipped with AWG5 for a signal output, and AWG6 for a signal input as an interface to an external network. Although the output port where the input port where AWG5 for a signal output corresponds, and AWG6 for a signal input correspond is connected to each node, the respectively same port number is used. For example, the input port 0 of AWG5 for a signal output and the output port 0 of AWG6 for a signal input are connected to a node 0000.

[0053] HCN connection of each factices 00-HCN 11 is made through AWG5 for a signal output, and AWG6 for a signal input. That is, the bidirectional connection of between a factice HCN 00-01, 00-10, 01-11, and 10-11 is carried out. However, in connection of each factice HCN, the same port number of AWG5 for a signal output and AWG6 for a signal input is used. For example, in case a factice HCN00 and a factice HCN01 are connected, the output port 0 of AWG5 for a signal output and the input port 0 of AWG6 for a signal input are connected. The input/output port of AWG5 for a signal output and AWG6 for a signal input and the relation of I/O wavelength are shown in drawing 8.

[0054] Here, in the HCN connection between Factices HCN, 1000 of a factice's HCN00 node 0000, a factice's HCN01 node 0100, and a factice HCN10 will be connected, for example. According to the relation of drawing 8 at this time, it is a node 0000 to the wavelength λ_0 , and λ_1 . It becomes connectable by sending out signal light. Wavelength λ_0 sent out from the node 0000 Signal light is inputted into the input port 0 of a factice's HCN00 AWG5 for a signal output, and is outputted from an output port 0. Since the input port 0 of a factice's HCN01 AWG6 for a signal input is connected to the output port 0 of AWG5 for a signal output, it is this wavelength λ_0 . Signal light is inputted into a node 0100 from the output port 0 of AWG6 for a signal input. Wavelength λ_1 which similarly was sent out from the node 0000 Signal light passes a factice's HCN00 AWG5 for a signal output, and a factice's HCN10 AWG6 for a signal input, and is inputted into a node 1000.

[0055] The following becomes the same possible [making HCN connection of all the nodes] by choosing the wavelength of the I/O signal light of each node appropriately. That is, 4th HCN (16 nodes) is realized by [four] making HCN connection of the secondary HCN (four nodes) through AWG.

[0056] In the above configuration, the transmission wave length from each node for connecting between Factices HCN is [in a factice's HCN00 node 0000 / in λ_0 , λ_1 , and a node 0001] λ_3 and λ_0 in λ_2 , λ_3 , and a node 0011 at λ_1 , λ_2 , and a node 0010, and is used for the transmission to the node to which a factice HCN01 and a factice HCN10 correspond, respectively. Also in the transmission from each node of other factices HCN, it is the same. Also with the light source of each node used for connection between such factices HCN, it can share-ize according to the multi-wavelength light source.

[0057] A factice's HCN00 multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light of the wavelength λ_0 - λ_3 used for connection between Factices HCN by each nodes 0000-0011. This multi-wavelength light is inputted from the output ports 0 and 1 of AWG5 for a signal output through the optical coupler 3. The multi-wavelength light of the wavelength λ_0 and λ_1 outputted from input port 0 is inputted into a node 0000. The multi-wavelength light of the wavelength λ_1 and λ_2 outputted from input port 1 is inputted into a node 0001, the multi-wavelength light of the wavelength λ_2 and λ_3 outputted from input port 2 is inputted into a node 0010,

and the multi-wavelength light of the wavelength λ_3 and λ_0 outputted from input port 3 is inputted into a node 0011. In each node, a light of each wavelength non-become irregular is separated spectrally from the multi-wavelength light inputted, respectively, and a reflective mold optical modulator is used and it transmits by return [modulation and]. Also in other factices HCN, it is the same.

[0058] In addition, you may have the multi-wavelength light source 40 for every factice HCN, respectively, and may make it two or more factices HCN share the one multi-wavelength light source 40 like drawing 7. Moreover, multi-wavelength light can be made to input into the input port 0 and 1 of each AWG5 for a signal output of a factice HCN01 and a factice HCN10 by inputting into the reverse sense the multi-wavelength light outputted from the multi-wavelength light source 40 with which the factice HCN00 and the factice HCN11 were equipped, for example to the link to which it connects with the input port 0 and 1 of AWG6 for a signal input.

[0059] Moreover, the multi-wavelength light source 40 outputs the white light containing the transmission wave length of each node, and can supply the multi-wavelength light of each wavelength to each node similarly by inputting from the output ports 0 and 1 of AWG5 for a signal output (claim 4).

[0060] According to this configuration, it is possible to extend the degree of HCN only several port minutes of Factice's HCN AWG for signal I/O. In the case of drawing 7, AWG for signal I/O is that of 4 port ****, and it is possible to extend the 6th [a maximum of] 16 factices HCN to HCN (64 nodes) by making HCN connection using these four ports. That is, the degree or the number of nodes of HCN is easily extensible by making HCN connection of two or more factices HCN using two AWGs.

[0061] (The 4th operation gestalt: Claim 3) Drawing 9 shows the 4th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. 4th HCN is made into Factice HCN and this operation gestalt explains the case with 16 nodes where connect two factices HCN and 5th HCN (32 nodes) is constituted.

[0062] In drawing, HCN connection of the nodes 00000-01111 which constitute a factice HCN00 shall be made, and HCN connection of the nodes 10000-11111 which constitute a factice HCN01 shall be made. AWG5 for a signal output and AWG6 for a signal input are arranged, and HCN connection between Factices HCN is made to each factice HCN. Here, it is that 4 figures connects the same nodes under the node number in each factice HCN as making HCN connection of the two factices HCN.

[0063] If the signal light of wavelength λ_0 - λ_{15} is inputted into the input port 0-15 of AWG5 for a signal output from a factice's HCN00 nodes 00000-01111, wavelength multiplexing of the signal light of each wavelength will be carried out to the output port 0 of AWG5 for a signal output, it will be outputted to it, and will be inputted into the input port 0 of a factice's HCN01 AWG6 for a signal input. In a factice's HCN01 AWG6 for a signal input, wavelength multiple-signal light is separated spectrally for every wavelength, and it sends out to nodes 10000-11111 from output ports 0-15, respectively. Thereby, HCN connection can be made from each node of a factice HCN00 to each node of a factice HCN01. The same is said of hard flow.

[0064] The multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light of the wavelength λ_0 - λ_{15} used for connection between Factices HCN by each nodes 00000-01111 which constitute a factice HCN00. This multi-wavelength light is inputted from the output port 0 of AWG5 for a signal output through the optical coupler 3, is separated spectrally and outputted to a light of wavelength λ_1 - λ_{15} non-become irregular from input port 0-15, and is inputted into each nodes 00000-01111. In each node, a reflective mold optical modulator is used and a light inputted, respectively

non-become irregular is transmitted by return [modulation and]. In addition, this multi-wavelength light source 40 is good also as a source of the white light containing wavelength λ_0 - λ_5 .

[0065] In the HCN connection between the factices HCN by this configuration, the input/output port of AWG for signal I/O will be connected with other factices HCN according to the degree of HCN. In that case, in each node, the sequential addition of 16 waves of signal light will be carried out cyclically. Namely, what is necessary is just to increase the number of output ports which inputs multi-wavelength light into AWG5 for a signal output through an optical coupler or an optical circulator with increase of a degree one by one (a drawing destructive line shows). Even if, as for this, the degree of the HCN connection between Factices HCN increases, it is shown that the number of the light sources is made to regularity.

[0066] The number of the light sources in the multi-wavelength light source 40 (wavelength number) supports 16 nodes which constitute Factice HCN. The input/output port of AWG for signal I/O is 16 [equal to Factice's HCN number of nodes], and the HCN connection of it between the factices HCN to the 16th [a maximum of] order is attained with this configuration.

[0067] (The 5th operation gestalt: Claim 5) Drawing 10 shows the 5th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. The configuration of the 1st operation gestalt which shows the HCN connection in drawing 7 and the factice HCN who shows 9 to drawing 1 realizes this operation gestalt, the band of the wavelength which outputs and inputs between nodes within Factice HCN further, and the wavelength which output and input between Factices HCN is divided, and the configuration which makes the signal input output line from each node one using the group multi/demultiplexer which carries out multiplexing/demultiplexing for every band, respectively is explained.

[0068] In drawing, a factice HCN00 and a factice HCN01 hold nodes 0000-0111 and nodes 1000-1111, respectively, and HCN connection of between each node is made through AWG1 of eight ports. It is the same as that of the operation gestalt of ** the 1st which shows 3rd HCN to drawing 1 by AWG of eight ports.

[0069] Each factice HCN is equipped with AWG5 for a signal output, and AWG6 for a signal input as an interface to an external network. The input port where AWG1 and AWG5 for a signal output correspond through a group branching filter 7 is connected to the transmit port of each node, and the output port where AWG1 and AWG6 for a signal input correspond through the group multiplexing machine 8 is connected to it at the receive port of each node.

[0070] With this operation gestalt, AWG1 for the connection in Factice HCN (for inner sense), AWG5 for a signal output for the connection between Factices HCN (for outwardness), and AWG6 for a signal input are prepared, respectively. By realizing that connection with the inside and outside of sub HCN carves with the group branching filter 7 and the group multiplexing machine 8 besides AWG, the function as the 3rd and 4th operation gestalten that the signal line outputted and inputted to each node is the same only at two is realizable.

[0071] Multi-wavelength light source 40a for sense outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for HCN connection of each nodes 0000-0111 among factices HCN00 like the multi-wavelength light source 40 shown in drawing 1. This multi-wavelength light is inputted into nodes 0000-0111 through the optical coupler 2, and multi-wavelength light source 40b for a factice's HCN00 outwardness outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for connection between Factices HCN by each nodes 0000-0111 like the multi-wavelength light source 40 shown in drawing 7 and

drawing 9 . This multi-wavelength light is inputted from the output port 0 of AWG5 for a signal output through the optical coupler 3, is separated spectrally and outputted to a light of each wavelength non-become irregular from input port 0-7, and is inputted into each nodes 0000-0111 through the optical coupler 2. In each node, while it was assigned, respectively, the object for sense and a light for outwardness non-become irregular are chosen, and a reflective mold optical modulator is used and it transmits by return [modulation and].

[0072] In addition, multi-wavelength light source 40b for a factice's HCN00 outwardness is good also as a source of the white light containing the wavelength used for connection between Factices HCN by each nodes 0000-0111. Also in other factices HCN01, it is the same.

[0073] Moreover, multi-wavelength light source 40a for inner sense and multi-wavelength light source 40b for outwardness are summarized to one, and you may make it input a predetermined multi-wavelength light into each node through the optical coupler 2, respectively for every factice HCN (refer to drawing 12). Moreover, you may make it two or more factices HCN share each ***** light source. Moreover, multi-wavelength light can be made to input into the input port 0 of a factice's HCN01 AWG5 for a signal output by inputting into the reverse sense the multi-wavelength light outputted from multi-wavelength light source 40b with which the factice HCN00 was equipped to the link to which it connects with the input port 0 of AWG6 for a signal input.

[0074] HCN of drawing 10 connects two 3 order HCN(s) which consist of eight nodes, and is HCN (16 nodes) the 4th order. It is the configuration to realize. AWG for network expansion will be max if this is all used, since it is eight ports. HCN connection of the 256 factices HCN can be made. In that case, the 11th HCN (2048 nodes) and number of I/O wavelength signals of each node are set to 11 on the whole.

[0075] Drawing 11 shows the example which applied the configuration (drawing 4) of the 2nd operation gestalt as a factice HCN of the 5th operation gestalt (claim 9). In drawing, nodes 0000-1111, AWG1, and the optical couplers 2 and 3 are connected like the configuration of the 2nd operation gestalt shown in drawing 4 . Moreover, a group branching filter 7 and the group multiplexing machine 8, AWG5 for a signal output used for connection between Factices HCN, and AWG6 for a signal input correspond to the 5th operation gestalt shown in drawing 10 .

[0076] Here, a group branching filter 7-1 separates spectrally the output signal light from nodes 0000-0111, and connects it to the input port 0-7 of AWG1, and the input port 8-15 of AWG5 for a signal output. A group branching filter 7-2 separates spectrally the output signal light from nodes 1000-1111, and connects it to the input port 0-7 of AWG1, and the input port 0-7 of AWG5 for a signal output. The group multiplexing machine 8-1 connects the output signal light of the output ports 0-7 of AWG1, and the output ports 15-8 of AWG6 for a signal input to nodes 0000-0111. The group multiplexing machine 8-2 connects the output signal light of the output ports 0-7 of AWG1, and the output ports 0-7 of AWG6 for a signal input to nodes 1111-1000.

[0077] Multi-wavelength light source 40a for sense outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for HCN connection of each nodes 0000-1111 among Factices HCN like the 2nd operation gestalt shown in drawing 4 . This multi-wavelength light is inputted into nodes 0000-1111 through the optical coupler 2 and a group branching filter 7-1, and 7-2, and a light of the wavelength assigned by each node, respectively non-become irregular is chosen. Multi-wavelength light source 40b for Factice's HCN outwardness outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for connection between Factices HCN by each nodes 0000-1111 like the 4th operation gestalt shown in drawing 9 .

This multi-wavelength light is inputted from the output port 0 of AWG5 for a signal output through the optical coupler 3, is separated spectrally and outputted to a light of each wavelength non-become irregular from input port 0-15, and is inputted into each nodes 0000-1111 through a group branching filter 7-1 and 7-2. In each node, a reflective mold optical modulator is used and a light of the wavelength assigned, respectively non-become irregular is transmitted by return [modulation and].

[0078] By such configuration, sharing the light source of each node, it becomes possible to constitute HCN using AWG of the small number of ports, and a network can be built economically. The 4th number of nodes of the factice HCN of drawing 11 serves as HCN by 16. Since AWGs 5 and 6 for signal I/O used for connection between Factice HCN as this factice HCN are 16 ports, if this is all used, HCN connection of the 216 factices HCN can be made. In that case, the 20th order is set to HCN (1,048,576 node) on the whole.

[0079] With the 5th operation gestalt shown above, compared with the 3rd operation gestalt shown in drawing 7, the number of the I/O signal lines to each node can be lessened, and it becomes possible to realize HCN economically.

[0080] (The 6th operation gestalt: Claims 6 and 7) Drawing 12 shows the 6th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. this operation gestalt -- the 3- in the 5th operation gestalt, recursive network construction is enabled by connecting wavelength multiplexing and a time multiplied conversion circuit (WDM/TDM) to the output port of AWG5 for a signal output established in connection with other factices HCN, and connecting time multiplied and a wavelength multiplexing conversion circuit (TDM/WDM) to the input port of AWG6 for a signal input.

[0081] In drawing, a factice HCN9 is taken as one factice HCN of the 5th operation gestalt shown in drawing 1010 here. WDM/TDM10 is connected to the output ports 0-7 of AWG5 for a signal output, respectively, wavelength multiplexing of the output is further carried out to them by the wavelength multiplex circuit 11, and it is outputted outside. From the outside, wavelength separation is carried out by the wavelength separation circuit 12, and the wavelength multiple signal inputted is connected to the input port 0-7 of AWG6 for a signal input through TDM/WDM13 which corresponds further, respectively. Drawing 12 shows the condition of having connected such a factice HCN9 hierarchical as one node.

[0082] A factice's HCN9 multi-wavelength light source 40 outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for the multi-wavelength light of wavelength and the HCN connection for outwardness which are used for the HCN connection for sense among each node. This multi-wavelength light is inputted into each node through the optical coupler 2, and a light of the wavelength assigned by each node, respectively non-become irregular is chosen. In each node, a reflective mold optical modulator is used and a light inputted, respectively non-become irregular is transmitted by return [modulation and]. It is separated spectrally into the object for inner sense, and outwardness with a group branching filter 7, respectively, and such signal light is inputted into AWG1 or AWG5 for a signal output. Furthermore, from the multi-wavelength light source 40, the multi-wavelength light used by WDM/TDM10 and TDM/WDM13 is outputted.

[0083] Drawing 13 shows the example of a configuration of WDM/TDM10 connected to each output port of AWG5 for a signal output. WDM/TDM10 are the configuration of inputting the multi-wavelength light (λ) outputted to the WDM/TDM transducer 14 from the multi-wavelength light source 40.

[0084] Wavelength multiple-signal light (drawing $\lambda_0 - \lambda_3$) is inputted into the WDM/TDM transducer 14. Here, each wavelength signal light is taken as the pulse signal by which intensity modulation was carried out. After the WDM/TDM transducer 14 separates spectrally two or more inputted wavelength signal light and changes them into

an electrical signal for every wavelength, it compresses pulse width and multiplexes it on a time-axis. Furthermore, it is wavelength λ_{daa} with this Time-Division-Multiplexing signal. Light is modulated and outputted. Thus, WDM/TDM10 has the function to change into the lightwave signal of single wavelength the lightwave signal of wavelength with which plurality differs. In addition, although the lightwave signal by which intensity modulation was carried out as an I/O signal light is assumed here, a phase modulation, frequency modulation, etc. may be other modulation techniques.

[0085] Wavelength λ_{daa} used by WDM/TDM10 connected to each output port of AWG5 for a signal output. It differs mutually and wavelength multiplexing of the signal by which time multiplied was carried out to the light of single wavelength different, respectively is carried out by the wavelength multiplex circuit 11 shown in drawing 12. Wavelength separation is carried out in the wavelength separation circuit 12 of drawing 12, and this signal by which wavelength multiplexing was carried out is inputted into each TDM/WDM13.

[0086] Drawing 14 shows the example of a configuration of TDM/WDM13 connected to each input port of AWG6 for a signal input. TDM/WDM13 separates spectrally the multi-wavelength light (λ_{da0} - λ_{da3}) outputted from the multi-wavelength light source 40 with an optical separator 15, is the configuration of inputting into the TDM/WDM transducer 16, and carries out actuation contrary to WDM/TDM10.

[0087] The signal by which time multiplied was carried out to the light of single wavelength is inputted into the TDM/WDM transducer 16, it once changes into an electrical signal, and two or more time multiplied separation signals are generated. And each signal by which time multiplied separation was carried out becomes irregular, respectively, carries out wavelength multiplexing of the light of mutually different wavelength λ_{da0} - λ_{da3} , and outputs it.

[0088] Thus, it becomes possible by adding WDM/TDM10 and TDM/WDM13 to Factice's HCN I/O edge to embed Factice HCN into the node part of the network of the same configuration as Factice HCN. In that case, the wavelength of the signal light outputted from WDM/TDM10 and the wavelength of the signal light outputted from TDM/WDM13 need to be set up so that the whole network may constitute HCN, respectively. In drawing 12, 6 order HCN which consists of 64 nodes is realized by [which consist of eight nodes] constituting 3rd HCN recursively twice. By repeating the same configuration, it is possible to expand a network scale further.

[0089] Thus, in the wavelength multiplexing network which makes HCN connection of the factice HCN mutually, and constitutes large-scale HCN, by combining WDM/TDM10 and TDM/WDM13, recursive network configuration is made possible and, according to this operation gestalt, large-scale HCN becomes realizable.

[0090] (-- operation gestalt [of ** a 7th]: -- claim 8) and time -- the 3- with the 5th operation gestalt, in order to connect sub HCN(s), AWG is used, and wiring in the meantime becomes complicated according to the number of ports and the sub HCN number which connects of AWGs. For example, if the number of ports of AWG is 4, HCN connection of 16 factices HCN is possible at the maximum, but if each factice HCN is mutually separated, it is not easy to make HCN connection of the meantime. With the 7th operation gestalt, cable laying between Factices HCN is made easy by using space multiplex (SDM).

[0091] Drawing 15 shows the 7th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention. In order to connect between factices HCN 00-11, this operation gestalt holds the input output line connected to each factice's HCN AWG5 for a signal output, and AWG6 for a signal input in the multicore fiber optic cable 17, and has

composition which concentrated lines to the interconnection node 18. In addition, any of the 3rd and 5th operation gestalten are sufficient as the configuration in Factice HCN.

[0092] The interconnection node 18 makes HCN connection of two or more input output lines. The HCN connection in the interconnection node 18 may make HCN connection of the optical fiber, and may form the waveguide pattern which makes HCN connection using flat-surface optical waveguide. In addition, since each factice's HCN AWG5 for a signal output and AWG6 for a signal input can connect 16 factices HCN by those with 4 ports, and max, the empty port for it is prepared in the interconnection node 18.

[0093] The multi-wavelength light source 40 (multi-wavelength light source 40b for outwardness) outputs the multi-wavelength light of the wavelength used for connection between Factices HCN by each node which constitutes a factice HCN00 - a factice HCN11. This multi-wavelength light is inputted into each track in the interconnection node 18 so that it may be inputted from the output ports 0 and 1 of AWG5 for a signal output. Here, an optical coupler is arranged in the location of - and O, multi-wavelength light is inputted into - at the drawing Nakagami sense, and multi-wavelength light is inputted into the drawing Nakashita sense at O. In each node, a light of each wavelength non-become irregular is separated spectrally from the multi-wavelength light inputted, respectively, and a reflective mold optical modulator is used and it transmits by return [modulation and].

[0094] Thus, while wiring becomes simple compared with the case where direct HCN connection of the sub HCN(s) in the location mutually distant by concentrating Factice's HCN input output line to the interconnection node 18, and making it the configuration which makes HCN connection in it is made, the time and effort of optical fiber construction can be simplified. It enables this to constitute HCN economically.

[0095] (Example of a configuration of an optical multiplexer/demultiplexer 54) Since transmission wave length is decided, respectively, each node is set up with the optical multiplexer/demultiplexer 54 of each node so that multiplexing/demultiplexing of the wavelength assigned, respectively may be carried out. In addition, the same is said of an optical separator 53.

[0096] Drawing 16 shows the example of a configuration of an optical multiplexer/demultiplexer 54 (optical separator 53). Here, the configuration in the node 000 of the 1st operation gestalt (drawing 1 R> 1) is shown. Drawing 16 (a) The configuration by AWG61 and the space switch 62, and drawing 16 (b) A configuration with the optical star coupler 63 and the wavelength adjustable filter 64 which are shown is shown.

[0097] A space switch 62 forms a thermo-optic effect (TO) switch for example, on flat-surface optical waveguide (PLC), and chooses connection between the port of AWG61, and the reflective mold optical modulator 55-1 to 55-3 according to the wavelength separated spectrally into each node. Moreover, the wavelength adjustable filter 64-1 to 64-3 sets up the wavelength chosen according to the wavelength separated spectrally into each node, respectively.

[0098] Thus, in the wavelength multiplexing network of this invention, each node cannot have the light source but the wavelength transmitted and received by each node by setup of the optical space switch 62 as shown in drawing 16 , or the adjustable wavelength filter 64 can be chosen. Therefore, the component part of each node can be carried out in common, and reduction of node cost is possible.

[0099] (Example of a configuration of the reflective mold optical modulator 55) Drawing 17 shows the example of a configuration of the reflective mold optical modulator 55. Drawing 17 (a) The shown reflective mold optical modulator 55 is the configuration

which combined the optical modulator 71 and optical circulator 72 of an inline type. For example, the thing using the optical modulator (EA modulator) and semi-conductor light amplifier of an optical modulator or an electric-field absorption mold using the lithium NAO as an optical modulator 71 of an inline type as an optical modulator etc. can be used. An inputted light non-become irregular is inputted into the optical modulator 71 of an inline type through an optical circulator 72 from input port 73. An optical modulator 71 modulates and outputs a light inputted by the electrical signal (sending signal) from the outside non-become irregular. The outputted modulation light is outputted to input port 73 through an optical circulator 72.

[0100] Drawing 17 (b) The shown reflective mold optical modulator 55 is a configuration which cut the arm part of the Mach TSUENDA mold optical modulator 74, and has arranged the mirror 75 to the cutting plane. The Mach TSUENDA mold optical modulator 74 is one of the optical modulators of an inline type, and is a configuration which formed optical waveguide 76 and the optical tee 77 in substrates, such as lithium niobate, and has arranged the electrode 78 for optical control into the arm waveguide part. The light inputted from optical waveguide 76 is the optical tee 77, an isotomous division is carried out, and it is reflected by the mirror 75, and is multiplexed by return and the optical tee 77. If the electrical signal (sending signal) from the outside is impressed to the electrode 78 for optical control, a phase modulation will start the light which the refractive index of one optical waveguide changes and passes. If the phase of two light which has returned from the mirror 75 to the optical tee 77 turns into an opposite phase by this phase modulation, two light is negated mutually, there will be and they will not be outputted. On the other hand, when an electrical signal is not impressed to the electrode 78 for optical control, two light becomes in phase and is outputted from optical waveguide 76.

[0101] Drawing 17 (c) The shown reflective mold optical modulator 55 is a configuration which has arranged the mirror 80 to one end face of the semi-conductor optical amplifier 79. If the semi-conductor optical amplifier 79 forms optical waveguide 81 in a semi-conductor substrate and a current is poured into the electrode 82 for current impregnation on optical waveguide, it will operate as an optical amplifier. On the other hand, if a current is not poured into the electrode 82 for current impregnation or a reverse bias electrical potential difference is applied, it will operate as a light absorption medium and light will not penetrate. This principle is used, at the time of current impregnation, it amplifies and reflects, input light is outputted, and the condition that there is no reflected light is built at the time of a non-current.

[0102] Such a configuration may use the component which removed one mirror of not only a semi-conductor optical amplifier but a surface emission-type laser, and was used as the reflective mold optical amplifier. In this case, it is easy to make surface emission-type laser structure on the substrate top face, and to make a mirror by metal vacuum evaporation etc. on a substrate base. Moreover, since the mode configuration and adjustment of an optical fiber have the good configuration of the output light of a surface emission-type laser, mounting is also easy. Moreover, array-izing is also easy.

[0103] Drawing 17 (d) The shown reflective mold optical modulator 55 is the configuration crowded on both sides of the refractive-index modulation medium 86 which can modulate a refractive index according to the signal which impresses a half mirror 83 and a mirror 84 to an electrode 85 into the Fabry-Perot resonator which countered. A part of input light is reflected by the half mirror 83 of an input edge, and (a) and the remaining input light penetrate a half mirror 85, and are outputted through the refractive-index modulation medium 86, a mirror 84, the refractive-index modulation medium 86, and a half mirror 83 (b). Here, if the refractive index of the refractive-index modulation medium

86 is modulated, the amplitude of two light can be equivalent at the end of a half mirror 83, and equiphase or an opposite phase can be controlled, and the reinforcement of the reflected light can be modulated. In addition, as a refractive-index modulation medium 86, what attached the electrode to ferroelectricity electro-optics crystals, such as lithium niobate, can be used.

[0104] Moreover, drawing 17 (b) - (d) Compared with the optical modulator of a passage mold, interaction length can also be shortened and can miniaturize it while it can reduce the power impressed to each electrode, since the shown reflective mold optical modulator 55 is a configuration in which input light goes and comes back to the modulation section.

[0105]

[Effect of the Invention] As explained above, the following effectiveness is acquired in HCN with which the wavelength multiplexing network of this invention combined the WDM method and the circumference nature wavelength demultiplexing component (a metaphor is AWG).

[0106] By supplying a light of wavelength used for transmission non-become irregular to each node, becoming irregular to it, and transmitting to it by return from the multi-wavelength light source, the light source becomes unnecessary and a node can consist of each node cheaply. Moreover, since the multi-wavelength light source is common-use-ized by two or more nodes, it can also make the light source unit per node low. Therefore, a wavelength multiplexing network is realizable by low cost.

[0107] Large-scale HCN is realizable using AWG of the small number of ports by connecting an optical coupler to the input/output port of AWG, and connecting two or more nodes to the input/output port of AWG. Multi-wavelength light can be efficiently distributed to each node by inputting using the optical coupler with which the input port side of AWG was equipped.

[0108] Moreover, it becomes possible by using AWG for the signal I/O between Factices HCN to extend HCN further. Moreover, by separating the wavelength range the object for the HCN connection in Factice HCN (for inner sense), and for the HCN connection between Factices HCN (for outwardness), and using the group multi/demultiplexer which performs multiplexing/demultiplexing for every wavelength range, connection of sub HCN inside and outside can be made by AWG, and the number of wiring can be reduced as a whole.

[0109] Moreover, by using each conversion circuit of WDM/TDM and TDM/WDM at the time of sub HCN connection, recursive network configuration becomes possible and adjustment with the present network configuration can realize a large-scale good network economically.

[0110] Furthermore, large-scale and a mass network are realizable by low cost by combining each above configuration. In addition, although the wavelength multiplexing network of this invention mainly assumes application to LAN and WAN, Field of application is not restricted to this and can be applied also as wiring in the interprocessor in a wide area network or a parallel processor, the network between processor-memory or a router, and an ATM switch.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

- 2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] Drawing showing the 1st operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 2] Drawing showing the example of a configuration of the multi-wavelength light source 40.
- [Drawing 3] Drawing showing the example of a configuration of a node 000.
- [Drawing 4] Drawing showing the 2nd operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 5] Drawing explaining the process which constitutes 4th HCN (16 nodes) using AWG of eight ports.
- [Drawing 6] Drawing by AWG of eight ports showing the 4th connection relation of HCN.
- [Drawing 7] Drawing showing the 3rd operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 8] Drawing showing the input/output port of AWGs 5 and 6 for signal I/O, and the relation of I/O wavelength.
- [Drawing 9] Drawing showing the 4th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 10] Drawing showing the 5th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 11] Drawing showing the example of a configuration which applied the configuration (drawing 4) of the 2nd operation gestalt as a factice HCN of the 5th operation gestalt.
- [Drawing 12] Drawing showing the 6th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 13] Drawing showing the example of a configuration of WDM/TDM10.
- [Drawing 14] Drawing showing the example of a configuration of TDM/WDM13.
- [Drawing 15] Drawing showing the 7th operation gestalt of the wavelength multiplexing network of this invention.
- [Drawing 16] Drawing showing the example of a configuration of an optical multiplexer/demultiplexer 54 (optical separator 53).
- [Drawing 17] Drawing showing the example of a configuration of the reflective mold optical modulator 55.
- [Drawing 18] Drawing showing the conventional example which realizes HCN combining a WDM method and AWG.
- [Drawing 19] Drawing showing the configuration of a Hypercube network.
- [Drawing 20] Drawing showing the relation of the node connected to the signal wavelength and each input/output port between the input/output port of AWG.
- [Description of Notations]
- 1 Array Waveguide Diffraction-Grating Mold Filter (AWG)
 - 2 Three Optical coupler
 - 5 AWG for Signal Output
 - 6 AWG for Signal Input
 - 7 Group Branching Filter
 - 8 Group Multiplexing Machine

- 9 Factice HCN
- 10 Wavelength Multiplexing and Time Multiplied Conversion Circuit (WDM/TDM)
- 11 Wavelength Multiplex Circuit
- 12 Wavelength Separation Circuit
- 13 Time Multiplied and Wavelength Multiplexing Conversion Circuit (TDM/WDM)
- 14 WDM/TDM Transducer
- 15 Optical Separator
- 16 TDM/WDM Transducer
- 17 Multicore Fiber Optic Cable
- 18 Interconnection Node
- 40 Multi-Wavelength Light Source
- 41 Light Source
- 42 Optical Multiplexing Machine
- 43 Optical Amplifier
- 44 Optical Isolator
- 45 Optical Coupler
- 53 Optical Separator
- 54 Optical Multiplexer/demultiplexer
- 55 Reflective Mold Optical Modulator
- 56 Electric Eye
- 61 Array Waveguide Diffraction-Grating Mold Filter (AWG)
- 62 Optical Space Switch
- 63 Optical Coupler
- 64 Adjustable Wavelength Filter
- 71 Optical Modulator of Inline Type
- 72 Optical Circulator
- 73 Input Port
- 74 Mach TSUENDA Mold Optical Modulator
- 75 Mirror
- 76 Optical Waveguide
- 77 Optical Tee
- 78 Electrode for Optical Control
- 79 Semi-conductor Optical Amplifier
- 80 Mirror
- 81 Optical Waveguide
- 82 Electrode for Current Impregnation
- 83 Half Mirror
- 84 Mirror
- 85 Electrode
- 86 Refractive-Index Modulation Medium

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 2]

[Drawing 3]

[Drawing 1]

[Drawing 4]

[Drawing 6]

[Drawing 8]

[Drawing 19]

[Drawing 5]

[Drawing 7]

[Drawing 9]

[Drawing 14]

[Drawing 10]

[Drawing 11]

[Drawing 12]

[Drawing 13]

[Drawing 15]

[Drawing 16]

[Drawing 17]

[Drawing 20]

[Drawing 18]

[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-197006

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

H04Q 3/52

(21)Application number : 2000-006858

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 14.01.2000

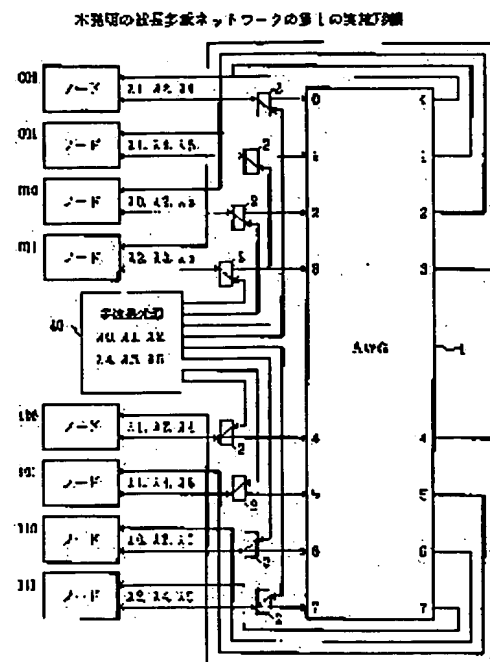
(72)Inventor : SAKANO TOSHIKAZU

(54) WAVELENGTH MULTIPLEXING NETWORK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the scale of a network easily at a low cost while sharing light sources at respective nodes as to HCN which makes HCN connections among plural nodes by using a WDM system and AWG.

SOLUTION: This network is equipped with a multiwavelength light source which outputs multiwavelength light having wavelength used by HCN and the multiwavelength light outputted from the multiwavelength light source is inputted from output ports of respective nodes. Each node is equipped with an optical multiplexer demultiplexer which demultiplexes unmodulated light having respective assigned wavelength from the inputted multiwavelength light and a reflection type optical modulator which modulates the unmodulated light with the wavelength with a transmit signal and sends it back and the wavelength signal outputted from each reflection type optical modulator is multiplexed by an optical multiplexer and sent as wavelength multiplex signal light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3593291

[Date of registration]

03.09.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-197006
(P2001-197006A)

(43) 公開日 平成13年7月18日 (2001.7.18)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	特許庁 (参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 Q 3/52	C 5 K 0 0 2
H 0 4 J 14/00		H 0 4 B 9/00	U 5 K 0 6 9
14/02			E
H 0 4 Q 3/52			

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2000-6859(P2000-6859)

(22) 出願日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 坂野 寿和

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

Pターム (参考) 5K002 BA04 BA05 BA21 CA13 DA02

DA03 DA05 FA01

5K069 AA18 BA09 CB10 DG33 EA21

EA24 EA25 EA27

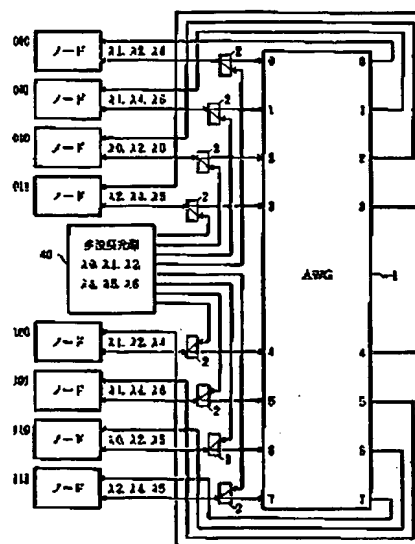
(54) 【発明の名称】 波長多重ネットワーク

(57) 【要約】

【課題】 WDM方式とAWGを用いて複数のノード間をHCN接続するHCNにおいて、各ノードの光源の共有化を図りながら、容易かつ安価にネットワークの大規模化を可能にする。

【解決手段】 HCNで使用する波長の多波長光を出力する多波長光源を備え、多波長光源から出力される多波長光を各ノードの出力ポートから入力する。各ノードでは、入力される多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を分波する光合分波器と、各波長の無変調光を送信信号により変調して折り返す反射型光変調器を備え、各反射型光変調器から出力された波長信号光を光合分波器で合波して波長多重信号光として送信する。

本発明の波長多重ネットワークの第1の実施形態



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の波長信号光を合波して波長多重信号光として送信する光送信部と、波長多重信号光を複数の波長信号光に分波して受信する光受信部とを有する複数のノードと、

複数の入力ポートと複数の出力ポートを有し、各入力ポートから入力された波長多重信号光を互いに異なる出力ポートに分波し、複数の入力ポートから入力された互いに異なる波長の信号光を各出力ポートに合波して出力する波長多重分離素子とを備え、

前記波長多重分離素子を介して、前記複数のノードのうち2進表示したノード番号の1ビットのみが異なるノード同士をハイパーキューブネットワーク接続（以下「HCN接続」という）する波長多重ネットワークにおいて、

前記波長多重ネットワークで各ノードからの送信に使用する波長の無変調光を合波した多波長光を出力する多波長光源と、

前記多波長光を前記各ノードの出力ポートに接続するとともに、前記各ノードの出力ポートから送信された波長多重信号光を前記多波長光から分離して前記波長多重分離素子の所定の入力ポートに接続する光分岐手段とを備え、

前記各ノードの光送信部に、入力される前記多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を分波する光合分波器と、各波長の無変調光を送信信号により変調して折り返す反射型光変調器とを備え、各反射型光変調器から出力された波長信号光を前記光合分波器で合波して前記波長多重信号光として送信する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項2】 複数の波長信号光を合波して波長多重信号光として送信する光送信部と、波長多重信号光を複数の波長信号光に分波して受信する光受信部とを有する複数のノードと、

複数の入力ポートと複数の出力ポートを有し、各入力ポートから入力された波長多重信号光を互いに異なる出力ポートに分波し、複数の入力ポートから入力された互いに異なる波長の信号光を各出力ポートに合波して出力する波長多重分離素子とを備え、

前記波長多重分離素子を介して、前記複数のノード同士をHCN接続する波長多重ネットワークにおいて、

前記波長多重ネットワークで各ノードからの送信に使用する波長の無変調光を合波した多波長光を出力する多波長光源と、

前記多波長光を前記各ノードの出力ポートに接続するとともに、前記各ノードの出力ポートから送信された波長多重信号光を前記多波長光から分離し、かつHCN接続のための所定の組み合わせでそれぞれ結合し、前記波長多重分離素子の所定の入力ポートに接続する光分岐・結合手段と、

2

前記波長多重分離素子の出力ポートから出力される波長多重信号光を複数の波長信号光に分岐し、HCN接続のための所定の組み合わせの複数のノードに接続する光分岐手段とを備え、

前記各ノードの光送信部に、入力される前記多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を分波する光合分波器と、各波長の無変調光を送信信号により変調して折り返す反射型光変調器とを備え、各反射型光変調器から出力された波長信号光を前記光合分波器で合波して前記波長多重信号光として送信する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項3】 複数のノードがHCN接続された複数のサブハイパーキューブネットワークをHCN接続する波長多重ネットワークにおいて、

前記ノードは、前記サブハイパーキューブネットワーク間のHCN接続に用いる波長多重信号光を送信する光送信部と、前記サブハイパーキューブネットワーク間の接続に用いる波長多重信号光を受信する光受信部とを備え、

前記サブハイパーキューブネットワークは、複数の入力ポートと複数の出力ポートを有し、各入力ポートから入力された波長多重信号光を互いに異なる出力ポートに合波する波長多重分離素子を他のサブハイパーキューブネットワークに対する出力用および入力用に2個備え、前記サブハイパーキューブネットワーク内の各ノードから他のサブハイパーキューブネットワークに送信する波長多重信号光を前記出力用の波長多重分離素子の各入力ポートに接続し、前記入力用の波長多重分離素子の各出力ポートから出力された波長多重信号光を各ノードに接続し、

HCN接続となるサブハイパーキューブネットワーク間で、前記各サブハイパーキューブネットワークの前記出力用の波長多重分離素子の各出力ポートと前記入力用の波長多重分離素子の各入力ポートを接続する構成に加え、

前記波長多重ネットワークの前記各サブハイパーキューブネットワーク間の接続に使用する波長の無変調光を合波した多波長光を出力する多波長光源と、

前記多波長光を前記出力用の波長多重分離素子の出力ポートから入力して前記各ノードの出力ポートに接続するとともに、前記出力用の波長多重分離素子の出力ポートから出力される波長多重信号光を前記多波長光から分離し、HCN接続する他のサブハイパーキューブネットワークの入力用の波長多重分離素子の入力ポートに接続する光分岐手段とを備え、

前記各ノードの光送信部に、入力される前記多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を分波する光合分波器と、各波長の無変調光を送信信号により変調して折り返す反射型光変調器とを備え、各反射型光変調器から出力された波長信号光を前記光合分波器で合波して

前記波長多重信号光として送信する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の波長多重ネットワークにおいて、

前記多波長光源は各ノードからの送信に使用する波長を含む白色光を出力し、前記光分岐手段を介して前記白色光を前記波長多重分離素子の出力ポート側から入力し、各入力ポートから各波長の無変調光を合波した多波長光を出力して各ノードに供給する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項5】 請求項3に記載の波長多重ネットワークにおいて、

前記ノードは、前記サブハイパーキューブネットワーク内でHCN接続するための（以下「内向き用」という）波長多重信号光と、前記サブハイパーキューブネットワーク間をHCN接続するための（以下「外向き用」という）波長多重信号光を合波して送信する光送信部と、前記内向き用の波長多重信号光と前記外向き用の波長多重信号光を分波して受信する光受信部とを備え、

前記サブハイパーキューブネットワークは、前記ノードから送信された前記内向き用および前記外向き用の波長多重信号光を分波し、前記内向き用にHCN接続するための波長多重分離素子と前記出力用の波長多重分離素子に接続する群分波器と、前記内向き用にHCN接続するための波長多重分離素子と前記入力用の波長多重分離素子から入力する前記内向き用および前記外向き用の波長多重信号光を合波して前記各ノードに接続する群合波器とを備え、

前記外向き用のHCN接続に使用する波長の無変調光を合波した多波長光を出力する前記多波長光源の他に、前記内向き用のHCN接続に使用する波長の無変調光を合波した多波長光を出力する多波長光源と、前記内向き用の多波長光を前記各ノードの出力ポートに接続するとともに、前記各ノードの出力ポートから送信された波長多重信号光を前記多波長光から分離して前記群分波器に接続する光分岐手段とを備えたことを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項6】 請求項5に記載の波長多重ネットワークにおいて、

前記光分岐手段は、前記外向き用および前記内向き用の多波長光を前記各ノードの出力ポートに接続するとともに、前記各ノードの出力ポートから出力される波長多重信号光を前記多波長光から分離して前記群分波器に接続する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項7】 請求項3～6のいずれかに記載の波長多重ネットワークにおいて、

前記サブハイパーキューブネットワークは、波長多重信号光を時間多重された単一波長の信号光に変換して出力する波長多重・時間多重変換回路と、時間多

重された単一波長の信号光を波長多重信号光に変換して出力する時間多重・波長多重変換回路とを備え、

前記出力用の波長多重分離素子の各出力ポートに前記波長多重・時間多重変換回路を接続し、前記外向き用の波長多重分離素子の各出力ポートから出力された波長多重信号光をそれぞれ時間多重された互いに異なる単一波長の信号光に変換し、それを波長多重して出力する波長多重回路を備え、

外部から入力される波長多重信号光を波長分離し、それぞれ時間多重された互いに異なる単一波長の信号光として前記時間多重・波長多重変換回路に入力する波長分離回路を備え、

前記各回路を備えたサブハイパーキューブネットワークを請求項3～5のいずれかに記載の波長多重ネットワークのノードとして用いてハイパーキューブネットワークを構成することを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項8】 請求項3～7のいずれかに記載の波長多重ネットワークにおいて、

HCN接続となるサブハイパーキューブネットワーク間で、前記各サブハイパーキューブネットワークの前記出力用の波長多重分離素子の各出力ポートと前記入力用の波長多重分離素子の各入力ポートを接続する際に、前記波長多重分離素子の各出力ポートおよび各入力ポートに接続する複数の光ファイバを集線する多芯光ファイバケーブルを備え、

前記各サブハイパーキューブネットワークに接続された前記多芯光ファイバケーブルの他端を1箇所に集めてその芯線をHCN接続し、

前記多芯光ファイバケーブルを介して前記多波長光を各ノードに送信する構成であることを特徴とする波長多重ネットワーク。

【請求項9】 請求項3～8のいずれかに記載の波長多重ネットワークにおいて、

前記サブハイパーキューブネットワークは、請求項1または請求項2に記載の波長多重ネットワークにより構成されたことを特徴とする波長多重ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重技術と周回性波長多重分離素子（例えば、アレイ導波路回折格子型フィルタ（AWG））を用いてハイパーキューブネットワークを構成することにより高スループット、フォールトトレラントなネットワークを実現する波長多重ネットワークにおいて、各ノードに配置される光源を複数のノードで共有化するネットワーク構成法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータの普及と高速光通信技術の発展を背景として、インターネットをはじめとするネットワーク利用が急速に進んでいる。オフィスでは、事務連絡が電子メールでなされるなど社内

業務のネットワーク化が進んでいる。また、家庭においても電子メールやインターネットが外部との連絡や銀行の残高照会、電子ショッピングなどに利用されはじめている。このように生活のあらゆるシーンでのネットワーク利用が進展するにつれて、通信ネットワークには益々の大容量化が求められている。

【0003】通信ネットワークは接続端子数、接続距離など規模によって分類がなされている。まずビル内、工場内、オフィス内、キャンパス内など比較的小さな領域でコンピュータ端末などを相互接続するためのネットワークとしてのLAN (Local Area Network) がある。ネットワーク規模が地域、都市などの領域に広がったネットワークは、WAN (Wide Area Network) またはMAN (Metropolitan Area Network) などと呼ばれている。さらに、国内あるいは世界中を対象としたネットワークとして広域ネットワークなどが考えられている。これらのネットワークは単独で存在することは少なく、相互に接続されて世界中に広がる巨大なネットワークを構成している。

【0004】通信ネットワークは、複数の通信ノードと通信ノード間を接続する伝送路から構成されている。通信ノードは複数の入出力端子を持ち、入力された信号を所望の出力先に出力するためのスイッチング機能を持つ。また、伝送路はノード間の通信を確保する。ネットワークを高速化するためには、伝送路として光ファイバを用いた光通信方式の適用が有効である。光ファイバを用いた光通信方式の適用により、従来のメタルケーブルを用いた場合に比べて伝送容量、伝送距離を飛躍的に大きくすることが可能となった。

【0005】光通信方式には、主に光時分割多重通信方式 (TDM) と光波長多重通信方式 (WDM) があり、さらに光ファイバを多芯化して信号を送受信する空間多重通信方式 (SDM) がある。TDM方式は複数の電気信号を時間軸上で多重化し高速な光信号に変換して光ファイバに入力する。受信端では受信光信号を電気信号に変換してもとの複数の信号に分離して出力する。光通信方式で一般的に用いられる近赤外光は数百テラヘルツの電磁波であり、テラヘルツオーダーの変調信号を生成することが原理的に可能である。実験室レベルでは数百ギガビット毎秒、実用化レベルでは40ギガビット毎秒の光時分割多重通信が既に実現されている。

【0006】WDM方式は、複数の電気信号を互いに異なる波長を有する複数の変調信号光に変換して、1本の光ファイバで伝送する方式である。光受信端では、光フィルタを用いて波長ごとに信号光を分離し、それぞれ電気信号に変換して出力する。波長多重通信方式は、光時分割多重通信方式にくらべて各変調信号光の信号速度がそれほど小さくなくても大容量通信が可能なので、電気回路への負担が小さいという特徴がある。そのため、波長多重通信方式をベースとしたネットワーク構成法が最

近活発に研究開発されている。

【0007】WDM方式を用いたネットワーク構成法の一つとして、WDM方式とアレイ導波路回折格子型フィルタ (以下「AWG」という) を用い、効率的なネットワーク構成として知られているハイパーキューブネットワーク (以下「HCN」という) を実現する提案がなされている。

【0008】図18は、WDM方式とAWGを組み合わせてHCNを実現する従来例を示す。この従来例は、特開平8-242208号公報 (ハイパーキューブ型インターコネクションネットワーク) に開示されている構成である。図19は、8ノードによるHCNの構成を示す。

【0009】図において、8個のノードをそれぞれに付与されるアドレス000~111で表示する。ノード000~111は、それぞれ送受信部51、光合波器52および光分波器53を有する。ノード000~111の入出力光リンクは、AWG1の入出力ポート0~7に順番に接続される。すなわち、ノード000とAWG1の入力ポート0および出力ポート0が接続され、以下同様にノード111とAWG1の入力ポート7および出力ポート7が接続される。

【0010】図20は、AWGの入出力ポート間の信号波長および各入出力ポートに接続されるノードの関係を示す。8入力8出力のAWGは、入力ポート0に入力された波長 $\lambda_0 \sim \lambda_7$ の信号光を出力ポート0~7に分波し、入力ポート1に入力された波長 $\lambda_0 \sim \lambda_7$ の信号光を出力ポート7、0~6に分波し、以下同様に波長と出力ポートがサイクリックにシフトする。すなわち、入力された8波長をそれぞれ異なる出力ポートから出力するとともに、各出力ポートには各入力ポートからの互いに異なる波長の信号光が波長多重して出力される。AWGのこのような性質を巡回性と呼び、このような素子を一般的に巡回性波長多重分能素子という。なお、本明細書ではAWGを中心に説明するが、AWGに限定されるものではない。

【0011】ここで、HCNについて簡単に説明する。HCNは、 2^n (n は正整数) 個のノードを接続するためのネットワーク構成法の1種で、ノード番号を2進数 (ノード数が 2^n (n は正整数) 個のときは n ビットの2進数となる) で表したときに、ノード番号の1ビットだけが反転しているノード同士を接続するものである。例えば、ノード数が8の場合のHCNでは、ノード000とノード001、010、100を接続すればよく、図20からそのときの使用波長を $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4$ とすればよいことがわかる。すなわち、図18に示すように、ノード000の光合波器52で合波された波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4$ の光信号をAWG1の入力ポート0に入力すると、出力ポート1、2、4に分波され、それぞれノード001、010、100に入力される。他のノードについて

も同様である(図20中にハッチングで示す)。図19は、このような接続規則でノード同士を接続した様子を示す。図から、立方体の角にノードを配置したような構成となっていることがわかる。ちなみに、 n をHCNの次数と言い、8個のノードからなるHCNは3次HCNと呼ばれる。

【0012】さて、以上の規則でノード間を接続するHCNは種々の利点があることが報告されている。まず、多数のノードを相互接続するときの配線数を少なくすることができる。 n 次HCN(ノード数 $N=2^n$ 個)を実現するための総配線数 M は、 $M=n2^n$ 個となる。一方、例えば N 個のノードを完全結合した場合の総配線数 T は $T=N^2$ となる。ここで、 $M<T$ であるので、総ノード数が多くなるとHCNが総配線数の点で有利になる。

【0013】次に、平均ホップ数(所望のノードに到達するまでに経由するノード数)を小さくできる。HCNの最大ホップ数は n であるが、例えばメッシュネットワークでは $2\sqrt{N}$ (N は総ノード数)となり、ノード数が多くなるとやはりHCNが有利となる。

【0014】次に、ルーティングの単純さとネットワークのフレキシビリティである。各ノードのルーティングは、送られてきた信号の宛先ノード番号を自分のノード番号と比較し、同一の場合には自分のノードで取り込むし、異なる場合には自分のノードが接続されているノードのうち、そのノード番号が宛先ノード番号と比較してビットが反転しているノードへ転送してやれば良い。また、図19からもわかる通り、任意ノード間で信号転送を行う際の経路は一通りではないので、どこかの配線が切れても他の経路を迂回するように制御することもできる。また、各ノードは複数のノードに接続されているが、同じ宛先ノードの信号を複数の配線に分割して転送することにより、信号転送のスループットを大きくすることもできる。

【0015】このようにHCNは種々の利点があり、主に並列計算機におけるプロセッサ間あるいはプロセッサ-メモリ間の接続ネットワークとして適用されてきた。ただし、実際のネットワークへHCNを適用しようとすると、配線が複雑になるという問題があった。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】従来のWDM方式とAWGを組み合わせたHCNでは、HCNの次数を大きくしてネットワーク規模を大きくしようとすると、AWGの入出力ポート数も大きくする必要があった。しかし、AWGのポート数を多くすることは容易でなく、現状技術で実現できるポート数は高々32ポートである。したがって、従来の方式では5次HCNまでしか実現できないことになる。

【0017】また、上記の特開平8-242208号公報(ハイパーキューブ型インターコネクションネットワ

ーク)では、拡張性を確保するためにAWGの入出力ポートの一部を拡張用利用する構成も提案されているが、AWGの入出力ポート数が前述のように有限であることから大規模なHCNを実現することは困難であった。また、入出力ポート数が大きくなるとAWGの製作も難しくなるため高価になる問題もある。

【0018】また、上記のHCNでは、各ノードがハイパーキューブの次数分だけの光源をもつ必要があった。図18に示す3次のHCNの構成では、各ノードがそれぞれ割り当てられた3波長分の光源をもつ必要があった。このようなノードに用いる光源は、あらかじめ設計された波長を安定に出力する必要があることから、光源製造時の歩留りが悪く、温度制御回路や波長モニタ回路など周辺回路も大規模なものとなり、高価になる問題があった。

【0019】本発明は、WDM方式とAWGを用いて複数のノード間をHCN接続するHCNにおいて、各ノードの光源の共有化を図りながら、容易かつ安価にネットワークの大規模化を可能にする波長多重ネットワークを提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明では、WDM方式とAWGを用いて複数のノード間をHCN接続するHCNにおいて、次のような手段によりネットワークの大規模化および総光源数の削減を実現する。

【0021】まず、請求項1の波長多重ネットワークでは、HCNで使用する波長の多波長光を出力する多波長光源を備え、多波長光源から出力される多波長光を各ノードの出力ポートから入力する。各ノードでは、入力される多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を分波する光合分波器と、各波長の無変調光を送信信号により変調して折り返す反射型光変調器を備え、各反射型光変調器から出力された波長信号光を光合分波器で合波して波長多重信号光として送信する。

【0022】ネットワークの規模拡大は次のように行う。請求項2の波長多重ネットワークでは、AWGの入出力ポートに光カプラを配置して見かけ上の入出力ポート数を増大し、各入出力ポートに接続されたノードの番号、波長数、波長などをHCN接続となるように配置することにより、少ない入出力ポート数のAWGを用いて大規模なHCNを実現する。多波長光源から出力される多波長光は、AWGの入力ポートに配置された光カプラを介して各ノードの出力ポートから入力し、反射型光変調器を有する各ノードで多波長光からそれぞれ割り当てられた無変調光を選択し、変調して折り返す構成とする。

【0023】また、請求項3の波長多重ネットワークでは、HCN接続された複数のノードからなるサブHCN内に信号出力用AWGと信号入力用AWGを配置し、WDM方式により各サブHCNをHCN接続する構成とす

ることにより、大規模なHCNを実現する。サブHCN間のHCN接続に用いる多波長光源は、信号出力用AWGの出力ポートから入力する。

【0024】ここで、請求項1～3の波長多重ネットワークにおいて、多波長光源は各ノードからの送信に使用する波長を含む白色光を出力し、光分岐手段を介して白色光を波長多重分離素子の出力ポート側から入力し、各入力ポートから各波長の無変調光を合波した多波長光を出力して各ノードに供給する構成としてもよい（請求項4）。

【0025】また、請求項5、6の波長多重ネットワークでは、複数のサブHCN間をWDM方式によりHCN接続する外向き用のHCNにおいて、群台分波器を組み合わせることで内向き用のHCN接続もAWGとWDM方式を用いて構成する。これにより、各ノードから入出力される光ファイバの数を少なくでき、安価に大規模なHCNを実現する。なお、外向き用のHCN接続に用いる多波長光は、信号出力用AWGの出力ポートから入力して各ノードの出力ポートに入力するか（請求項5）、各ノードの出力ポートから内向き用のHCN接続に用いる多波長光とともに入力する（請求項6）。

【0026】また、請求項7の波長多重ネットワークでは、複数のサブHCN間をWDM方式によりHCN接続する上記のHCNにおいて、サブHCNへの信号入出力線に時間多重・波長多重交換回路（TDM/WDM）、波長多重・時間多重交換回路（WDM/TDM）をそれぞれ接続することにより、HCNを再帰的に拡張できる構成とする。これにより、より大規模なHCNを実現する。

【0027】また、請求項8の波長多重ネットワークでは、複数のサブHCN間をWDM方式によりHCN接続する上記のHCNにおいて、サブHCNへの複数の入出力線を束ね、全てのサブHCNの入出力線を1箇所に集線した上でHCN接続を実施する。このような構成により、物理的なHCN接続を既存の通信ネットワークの構成に近いスター網にすることができ、光ファイバケーブルの敷設なども含めたネットワーク構築コストを小さくする。また、集線部分から光ファイバケーブルを介して多波長光を入力することにより、効率的に各ノードに多波長光を供給することができる。

【0028】以上の各手段を組み合わせることで階層的にHCNを構成することにより、より効率的にHCNを構築することができる。なお、請求項9の波長多重ネットワークは、サブHCNを請求項1、2に記載のHCNにより構成するものである。

【0029】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態：8ポートのAWGによる3次HCN：請求項1）図1は、本発明の波長多重ネットワークの第1の実施形態を示す。本実施形態は、図18に示すWDM方式とAWGを組み合わせ

3次HCNを実現する従来構成に本発明を適用したものである。

【0030】図において、ノード000～111およびAWG1による全体的な構成は従来構成と同様である。本実施形態では、多波長光源40から出力される多波長光を光カプラ2を介してそれぞれノード000～111の送信ポートに入力し、各ノードで多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光を選択し、反射型光変調器を用いて変調し、折り返し送信する構成である。一方、各ノードにおける受信系の構成は従来のものと変わらない。なお、光カプラ2は、光サーキュレータを用いてもよい。

【0031】図2は、多波長光源40の構成例を示す。なお、図1の波長多重ネットワークでは、波長 λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 の6波長を使用する構成であり、多波長光源40はそれらの波長を有する多波長光を出力する。すなわち、多波長光源40は、波長多重ネットワークで使用する波長に応じた複数の波長を有する多波長光を出力する。

【0032】図において、多波長光源40は、出力波長 λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 の光源41-1～41-6を有し、それぞれの出力光（無変調光）は光合波器42で合波され、光増幅器43および光アイソレータ44を介して光カプラ45で8分岐して出力される。各多波長光は、それぞれ図1に示す光カプラ2を介してノード000～111に入力される。なお、光カプラ2として光サーキュレータを用いた場合には、光アイソレータ44は必ずしも必要としない。

【0033】なお、多波長光源40としては、各ノードの送信波長を含む白色光から光フィルタで各波長の無変調光を切り出し、その後で合波、増幅および分岐して出力する構成としてもよい。この場合に、白色光を図1に示すAWG1の出力ポート側から入力することにより、AWG1を光フィルタとして機能させ、各入力ポートからそれぞれ波長 λ_0 ～ λ_7 の多波長光を出力させることも可能である（請求項4）。

【0034】図3は、ノード000の構成例を示す。なお、ノード000は、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 の信号光を送受信する構成であり、入力される波長 λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 の多波長光から必要な波長の無変調光が選択される。

【0035】図において、多波長光源から出力された多波長光（ λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 ）がノード000の光合波器54に入力されると、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 の無変調光が分波され、それぞれ対応する反射型光変調器55-1～55-3に入力される。各反射型光変調器は、それぞれ無変調光を送信信号で変調して折り返し出力する。波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 の信号光は光合波器54で合波され、図1に示す光カプラ2を介してAWG1の入力ポート0に入力される。一方、AWG

1の出力ポート0から出力され、ノード0000に入力される波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 の信号光は、光分波器53で分波されて受光器56-1~56-3に受光される。

【0036】なお、各ノード0000~1111は送受信波長がそれぞれ決められるので、各ノードの光分波器53および光合分波器54では、それぞれ割り当てられた波長を合分波するように設定される。また、図1に示す構成では、各ノードにおける送受信波長が同じであるので、光合分波器54と光分波器53は同じ合分波特性を有する。光合分波器54（光分波器53）および反射型光変調器55の構成例については後述する。

【0037】このように、本実施形態では各ノードが光源をもたず、外部から入力された無変調光を反射型光変調器により変調して折り返し送信する構成になっている。波長多重用光源は、一般に波長精度に対する要求条件が厳しく、素子単体が高価であるばかりでなく、温度変化に伴う共振波長のドリフト補償のための温度調節回路やフィードバック制御回路が必要とされ高価である。図18に示す従来構成では、8ノードからなる3次HCNで各ノードが3個の光源を必要とし、ネットワーク全体で24個の光源が必要であった。一方、本実施形態では、光源の数は1つの多波長光源に6波長分を備えればよい。

【0038】一般に、 n 次HCN（ノード数は 2^n 個）を実現するには、各ノードに n 個の光源を備える必要があり、ネットワーク全体では $n \times 2^n$ 個の光源が必要であった。本実施形態の構成では、必要となる光源の数は 2^n 個以下となる。このように、各ノードの波長多重用光源を共有化し、光源の数を大幅に削減することにより、ネットワークのコストを大幅に小さくすることができ

【0039】（第2の実施形態：8ポートのAWGによる4次HCN：請求項2）図4は、本発明の波長多重ネットワークの第2の実施形態を示す。本実施形態は、8ポートのAWGを用いて構成される4次HCN（16ノード）を示す。なお、本実施形態は、16ポートのAWGによる5次HCN、32ポートのAWGによる6次HCNおよび7次HCN、64ポートのAWGによる8次HCN、128ポートのAWGによる9次HCNおよび10次HCNのように順次拡張していくことができる（詳しくは、特願平11-234681（波長多重ネットワーク）に記載）。

【0040】図において、ノード0000~1111は、それぞれ光合分波器54、反射型光変調器55、光分波器53、受光器56を有する。多波長光源40から出力される多波長光（ $\lambda_0 \sim \lambda_7$ ）は、光カプラ2を介してそれぞれノード0000~1111に入力され、各ノードで多波長光からそれぞれ割り当てられた波長の無変調光が選択され、反射型光変調器を用いて変調し、折り返し送信される。ただし、1つの光カプラで2つのノ

ードに多波長光が分配される。

【0041】多波長光が分配されるベアとなるノード0000、1000から送信された信号光は、折り返し光カプラ2で合波してAWG1の入力ポート0に入力される。以下同様に、ノード0001~0111とノード1001~1111がそれぞれ順番にベアとなり、各ベアのノードから出力された信号光が光カプラ2で合波され、AWG1の入力ポート1~7に順番に入力される。また、AWG1の出力ポート0~7には光カプラ3が接続され、それぞれ2分岐された一方の信号光がノード0000~0111に順に入力され、他方の信号光がノード1111~1000に順に入力される。

【0042】本実施形態の基本的な構成は、図1に示した第1の実施形態のHCNと同じである。異なる点は、AWG1の1ポートあたり複数のノードの波長多重信号光の入出力を可能とした点である。そのときに、ノード0000はAWG1の入力ポート0および出力ポート0に接続し、ノード1000はAWG1の入力ポート0および出力ポート7に接続する。同様に、ノード0001はAWG1の入力ポート1および出力ポート1に接続し、ノード1001はAWG1の入力ポート1および出力ポート6に接続する。すなわち、ノード0000~0111は、同一番号の入出力ポート0~7に順番に接続されるが、ノード1000~1111は、入力ポート0~7に順番に接続され、出力ポート7~0に逆順で接続される。

【0043】ここで、このような接続により、8ポートのAWGを用いて4次HCN（16ノード）が構成可能な原理について説明する。16個のノード0000~1111を最上位ビット0と1の2つのグループに分け、下位3ビットについてノード番号とAWGの入出力ポート番号（2進数表示）が一致するものを図5(a)に示し、ノード番号とAWGの入力ポート番号（2進数表示）が一致し、出力ポート番号（2進数表示）が逆順で接続されるものを図5(b)に示す。

【0044】図5(a)は、入力ポート0~7にノード0000~0111を接続し、出力ポート0~7にノード0000~0111を接続したものであり、図20に示す3次HCNと同じ入出力関係（図中ハッチングで示す）となる。なお、HCN接続の各入出力ポート間で使用する波長は図20と同様である。

【0045】図5(b)は、入力ポート0~7にノード1000~1111を接続し、出力ポート0~7にノード1111~1000を接続したものであり、出力ポート0~7に接続するノードの降順が図5(a)のものと逆になっている。このような配置において、HCNは例えばノード1000とノード1001、1010、1100を接続すればよく、そのときの使用波長を $\lambda_3, \lambda_5, \lambda_6$ とすればよいことがわかる。他のノードについても同様である（図中ハッチングで示す）。これにより、2種類

の対称な3次HCNが構成され、入力ポートおよび出力ポートにそれぞれ2つのノードを同時に接続可能なことがわかる。

【0046】図6は、8ポートのAWGによる4次HCNの接続関係の一例を示す。これは図5(a)、(b)を組み合わせたものであり、入出力ポート間の波長は省略している。AWGの入力ポート0~7には、ノード(0000, 1000)~(0111, 1111)がそれぞれペアで接続され、出力ポート0~7には、ノード(0000, 1111)~(0111, 1000)がそれぞれペアで接続される。○印は図5(a)にハッチングで示したHCN接続する組み合わせを示し、△印は図5(b)にハッチングで示したHCN接続する組み合わせを示す。また、●、▲印は図5(a)に示すノードと図5(b)に示すノードがHCN接続になることを示す。

【0047】すなわち、例えば入力ポート0に接続されるノード0000は、HCNの定義からノード0001, 0010, 0100, 1000と接続する必要がある。それぞれλ1, λ2, λ4, λ7で接続される。一方、同一の入力ポート0に接続されるノード1000は、HCNの定義からノード0000, 1001, 1010, 1100と接続する必要がある。これは、1つのポートに2つのノードからの波長多重信号を合波して入力した場合であっても、接続のための波長が互いに重複することなくHCN接続が可能であることを示している。他の入出力ポートについても同様のことが図6から分かる。

【0048】なお、本実施形態は、波長λ0~λ7の8波長を使用する構成であり、多波長光源40はそれらの波長を有する多波長光を出力する。また、本実施形態では、各ノードにおける送信波長と受信波長が異なる。図4に示すノード0000~0111は、上段に受信波長、下段に送信波長を示し、ノード1000~1111は、上段に送信波長、下段に受信波長を示す。例えば、ノード0000では、波長λ0~λ7の多波長光から波長λ1, λ2, λ4, λ7の無変調光を選択し、反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。この信号光は、ノード1000から出力される波長λ0, λ3, λ5, λ6の信号光と光カプラ2で合波され、AWG1の入力ポート0に入力される。一方、AWG1の出力ポート0には波長λ0~λ7の波長多重信号光が出力され、光カプラ3で2分岐してノード0000およびノード1111に入力されるが、ノード0000では波長λ0, λ1, λ2, λ4の信号光を受信する。

【0049】このように、ノード0000の送信波長はλ1, λ2, λ4, λ7であり、受信波長は波長λ0, λ1, λ2, λ4となり、両者は一致しない。他のノードにおいても同様である。したがって、各ノード0000~1111の光分波器53および光合分波器54では、それぞれ割り当てられた波長を合波するように設

定される。

【0050】(第3の実施形態：請求項3)図7は、本発明の波長多重ネットワークの第3の実施形態を示す。本実施形態は、ノード数4の2次HCNをサブHCNとし、4つのサブHCNを接続して4次HCN(ノード数16)を構成する場合について説明する。

【0051】図において、サブHCN00~11は、それぞれノード0000~0011、ノード0100~0111、ノード1000~1011、ノード1100~1111を収容し、各ノード間がHCN接続されている。例えば、サブHCN00では、ノード0000-0001, 0000-0010, 0001-0011, 0010-0011間がそれぞれ双方向接続されている。なお、サブHCNを実現する際のインターコネクションの種類については特に言及しない。

【0052】各サブHCNには、外部ネットワークへのインターフェースとして信号出力用AWG5および信号入力用AWG6が備えられる。各ノードには、信号出力用AWG5の対応する入力ポートおよび信号入力用AWG6の対応する出力ポートが接続されるが、それぞれ同一のポート番号が使用される。例えば、ノード0000には、信号出力用AWG5の入力ポート0と信号入力用AWG6の出力ポート0が接続される。

【0053】各サブHCN00~11は、信号出力用AWG5および信号入力用AWG6を介してHCN接続される。すなわち、サブHCN00-01, 00-10, 01-11, 10-11間が双方向接続される。ただし、各サブHCNの接続では、信号出力用AWG5および信号入力用AWG6の同一のポート番号を使用する。例えば、サブHCN00とサブHCN01を接続する際には、信号出力用AWG5の出力ポート0と信号入力用AWG6の入力ポート0が接続される。信号出力用AWG5および信号入力用AWG6の入出力ポートと入出力波長の関係を図8に示す。

【0054】ここで、サブHCN間のHCN接続では、例えばサブHCN00のノード0000と、サブHCN01のノード0100およびサブHCN10の1000を接続することになる。このとき、図8の関係によると、ノード0000から波長λ0, λ1の信号光を送出することによって接続可能となる。ノード0000から送出された波長λ0の信号光は、サブHCN00の信号出力用AWG5の入力ポート0へ入力され、出力ポート0から出力される。信号出力用AWG5の出力ポート0には、サブHCN01の信号入力用AWG6の入力ポート0が接続されているので、この波長λ0の信号光は信号入力用AWG6の出力ポート0からノード0100へ入力される。同様に、ノード0000から送出された波長λ1の信号光は、サブHCN00の信号出力用AWG5およびサブHCN10の信号入力用AWG6を通過し、ノード1000へ入力される。

【0055】以下同様に、各ノードの入出力信号光の波長を適切に選択することによって、全てのノードをHCN接続することが可能となる。すなわち、4つの2次HCN（ノード数4）をAWGを介してHCN接続することにより、4次HCN（16ノード）が実現される。

【0056】以上の構成において、サブHCN間を接続するための各ノードからの送信波長は、サブHCN00のノード00000でλ0、λ1、ノード00001でλ1、λ2、ノード00010でλ2、λ3、ノード00011でλ3、λ0であり、それぞれサブHCN01、サブHCN10の対応するノードに対する送信に使用される。他のサブHCNの各ノードからの送信においても同様である。このようなサブHCN間の接続に用いる各ノードの光源についても、多波長光源により共有化することができる。

【0057】サブHCN00の多波長光源40は、各ノード00000～00111でサブHCN間の接続に使用する波長λ0～λ3の多波長光を出力する。この多波長光は、光カプラ3を介して信号出力用AWG5の出力ポート0、1から入力され、入力ポート0から出力される波長λ0、λ1の多波長光がノード00000に入力され、入力ポート1から出力される波長λ1、λ2の多波長光がノード00001に入力され、入力ポート2から出力される波長λ2、λ3の多波長光がノード00010に入力され、入力ポート3から出力される波長λ3、λ0の多波長光がノード00011に入力される。各ノードでは、それぞれ入力される多波長光から各波長の無変調光を分波し、反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。他のサブHCNにおいても同様である。

【0058】なお、図7のように、各サブHCNごとにそれぞれ多波長光源40を備えてもよいし、複数のサブHCNで1つの多波長光源40を共有するようにしてもよい。また、例えばサブHCN00およびサブHCN11に備えた多波長光源40から出力される多波長光を信号入力用AWG6の入力ポート0、1に接続されるリンクに逆向きに入力することにより、サブHCN01およびサブHCN10の各信号出力用AWG5の入力ポート0、1に多波長光を入力させることができる。

【0059】また、多波長光源40は、各ノードの送信波長を含む白色光を出力し、信号出力用AWG5の出力ポート0、1から入力することにより、同様に各波長の多波長光を各ノードに供給することができる（請求項4）。

【0060】本構成によれば、サブHCNの信号入出力用AWGのポート数分だけHCNの次数を拡張することが可能である。図7の場合では、信号入出力用AWGが4ポートあるので、この4ポートを用いて16個のサブHCNをHCN接続することにより、最大6次HCN（64ノード）まで拡張することが可能である。すなわち、2つのAWGを用いて複数のサブHCNをHCN接続する

ことにより、HCNの次数あるいはノード数を容易に拡張することができる。

【0061】（第4の実施形態：請求項3）図9は、本発明の波長多重ネットワークの第4の実施形態を示す。本実施形態は、ノード数16の4次HCNをサブHCNとし、2つのサブHCNを接続して5次HCN（ノード数32）を構成する場合について説明する。

【0062】図において、サブHCN00を構成するノード000000～011111はHCN接続され、サブHCN01を構成するノード100000～111111はHCN接続されているものとする。それぞれのサブHCNには、信号出力用AWG5および信号入力用AWG6が配置され、サブHCN間のHCN接続が行われる。ここで、2つのサブHCNをHCN接続するとは、各サブHCN内のノード番号の下4桁が同じノード同士を接続することである。

【0063】サブHCN00のノード000000～011111から波長λ0～λ15の信号光を信号出力用AWG5の入力ポート0～15に入力すると、各波長の信号光は信号出力用AWG5の出力ポート0に波長多重されて出力され、サブHCN01の信号入力用AWG6の入力ポート0に入力される。サブHCN01の信号入力用AWG6では、波長多重信号光を各波長ごとに分波し、出力ポート0～15からそれぞれノード100000～111111に送出する。これにより、サブHCN00の各ノードからサブHCN01の各ノードに対してHCN接続することができる。逆方向についても同様である。

【0064】多波長光源40は、サブHCN00を構成する各ノード000000～011111でサブHCN間の接続に使用する波長λ0～λ15の多波長光を出力する。この多波長光は、光カプラ3を介して信号出力用AWG5の出力ポート0から入力され、入力ポート0～15から波長λ1～λ15の無変調光に分波して出力され、各ノード000000～011111に入力される。各ノードでは、それぞれ入力される無変調光を反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。なお、この多波長光源40は、波長λ0～λ15を含む白色光源としてもよい。

【0065】本構成によるサブHCN間のHCN接続では、HCNの次数に応じて信号入出力用AWGの入出力ポートが他のサブHCNと接続されることになる。その場合、各ノードでは16波長の信号光をサイクリックに順次追加していくことになる。すなわち、次数の増大とともに、光カプラまたは光サーキュレータを介して信号出力用AWG5に多波長光を入力する出力ポート数を順次増やしていけばよい（図中破線で示す）。これは、サブHCN間のHCN接続の次数が増大しても光源数は一定にできることを示している。

【0066】多波長光源40における光源数（波長数）は、サブHCNを構成するノード数16に対応している。

17

信号入出力用AWGの入出力ポートは、サブHCNのノード数と等しい16であり、本構成では最大16次までのサブHCN間のHCN接続が可能となる。

【0067】(第5の実施形態：請求項5)図10は、本発明の波長多重ネットワークの第5の実施形態を示す。本実施形態は、図7、9に示すサブHCN内のHCN接続を図1に示す第1の実施形態の構成により実現し、さらにサブHCN内でノード間を入出力する波長とサブHCN間を入出力する波長の帯域を分け、それぞれの帯域ごとに合分波する群合分波器を用いて各ノードからの信号入出力線をそれぞれ1本とする構成について説明する。

【0068】図において、サブHCN00およびサブHCN01は、それぞれノード0000～0111、ノード1000～1111を収容し、各ノード間が8ポートのAWG1を介してHCN接続される。8ポートのAWGによる3次HCNは、図1に示す第1の実施形態と同様である。

【0069】各サブHCNには、外部ネットワークへのインターフェースとして信号出力用AWG5および信号入力用AWG6が備えられる。各ノードの送信ポートには、群分波器7を介してAWG1および信号出力用AWG5の対応する入力ポートが接続され、各ノードの受信ポートには、群合波器8を介してAWG1および信号入力用AWG6の対応する出力ポートが接続される。

【0070】本実施形態では、サブHCN内接続用(内向き用)のAWG1と、サブHCN間接続用(外向き用)の信号出力用AWG5および信号入力用AWG6をそれぞれ用意し、サブHCN内外への接続の切り分けをAWG外の群分波器7および群合波器8で実現することにより、各ノードに入出力する信号線が2本だけで第3および第4の実施形態と同様の機能を実現することができる。

【0071】サブHCN00の内向き用の多波長光源40aは、図1に示す多波長光源40と同様に、各ノード0000～0111のHCN接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、光カブラ2を介してノード0000～0111に入力され、サブHCN00の外向き用の多波長光源40bは、図7、9に示す多波長光源40と同様に、各ノード0000～0111でサブHCN間の接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、光カブラ3を介して信号出力用AWG5の出力ポート0から入力され、入力ポート0～7から各波長の無変調光に分波して出力され、光カブラ2を介して各ノード0000～0111に入力される。各ノードでは、それぞれ割り当てられた内向き用および外向き用の無変調光を選択し、反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。

【0072】なお、サブHCN00の外向き用の多波長光源40bは、各ノード0000～0111でサブHC

18

N間の接続に使用する波長を含む白色光源としてもよい。他のサブHCN01においても同様である。

【0073】また、各サブHCNごとに、内向き用の多波長光源40aと外向き用の多波長光源40bを一つにまとめ、光カブラ2を介してそれぞれ所定の多波長光を各ノードに入力するようにしてもよい(図12参照)。また、複数のサブHCNで各多波長光源を共有するようにしてもよい。また、サブHCN00に備えた多波長光源40bから出力される多波長光を信号入力用AWG6の入力ポート0に接続されるリンクに逆向きに入力することにより、サブHCN01の信号出力用AWG5の入力ポート0に多波長光を入力させることができる。

【0074】図10のHCNは、8ノードからなる3次HCNを2個接続して4次HCN(16ノード)を実現する構成である。ネットワーク拡張用のAWGは8ポートなので、これを全て利用すれば最大で256個のサブHCNをHCN接続することができる。その場合には、全体で11次HCN(2048ノード)、各ノードの入出力波長信号数は11となる。

20 【0075】図11は、第5の実施形態のサブHCNとして第2の実施形態の構成(図4)を適用した例を示す(請求項9)。図において、ノード0000～1111、AWG1、光カブラ2、3は図4に示す第2の実施形態の構成と同様に接続される。また、群分波器7および群合波器8、サブHCN間接続に用いる信号出力用AWG5および信号入力用AWG6は、図10に示す第5の実施形態に対応する。

【0076】ここで、群分波器7-1は、ノード0000～0111からの出力信号光を分波し、AWG1の入力ポート0～7および信号出力用AWG5の入力ポート8～15に接続する。群分波器7-2は、ノード1000～1111からの出力信号光を分波し、AWG1の入力ポート0～7および信号出力用AWG5の入力ポート0～7に接続する。群合波器8-1は、AWG1の出力ポート0～7および信号入力用AWG6の出力ポート15～8の出力信号光をノード0000～0111に接続する。群合波器8-2は、AWG1の出力ポート0～7および信号入力用AWG6の出力ポート0～7の出力信号光をノード1111～1000に接続する。

40 【0077】サブHCNの内向き用の多波長光源40aは、図4に示す第2の実施形態と同様に、各ノード0000～1111のHCN接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、光カブラ2および群分波器7-1、7-2を介してノード0000～1111に入力され、各ノードでそれぞれ割り当てられた波長の無変調光が選択される。サブHCNの外向き用の多波長光源40bは、図9に示す第4の実施形態と同様に、各ノード0000～1111でサブHCN間の接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、光カブラ3を介して信号出力用AWG5の出力ポート0から入

力され、入力ポート0~15から各波長の無変調光に分割して出力され、群分波器7-1、7-2を介して各ノード0000~1111に出力される。各ノードでは、それぞれ割り当てられた波長の無変調光を反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。

【0078】このような構成により、各ノードの光源を共有しながら少ないポート数のAWGを用いてHCNを構成することが可能となり、経済的にネットワークを構築できる。図11のサブHCNのノード数は16で4次HCNとなっている。このサブHCNでサブHCN間接続に用いる信号入出力用AWG5、6は16ポートなので、これを全て利用すれば2¹⁰個のサブHCNをHCN接続することができる。その場合には、全体で20次HCN(1,048,576ノード)となる。

【0079】以上示した第5の実施形態では、図7に示す第3の実施形態に比べて、各ノードへの入出力信号線の数を少なくすることができ、経済的にHCNを実現することが可能となる。

【0080】(第6の実施形態：請求項6、7)図12は、本発明の波長多重ネットワークの第6の実施形態を示す。本実施形態は、第3~第5の実施形態において、他のサブHCNとの接続用に設けられている信号出力用AWG5の出力ポートに波長多重・時間多重変換回路(WDM/TDM)を接続し、信号入力用AWG6の入力ポートに時間多重・波長多重変換回路(TDM/WD)を接続することにより、再帰的なネットワーク構築を可能とするものである。

【0081】図において、サブHCN9は、ここでは図10に示す第5の実施形態の1つのサブHCNとする。信号出力用AWG5の出力ポート0~7には、それぞれWDM/TDM10が接続され、さらにその出力が波長多重回路11により波長多重されて外部に出力される。外部から入力される波長多重信号は波長分離回路12により波長分離され、さらにそれぞれ対応するTDM/WD M13を介して信号入力用AWG6の入力ポート0~7に接続される。図12は、このようなサブHCN9を一つのノードとして階層的に接続した状態を示す。

【0082】サブHCN9の多波長光源40は、各ノードの内向き用のHCN接続に使用する波長の多波長光および外向き用のHCN接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、光カプラ2を介して各ノードに入力され、各ノードでそれぞれ割り当てられた波長の無変調光が選択される。各ノードでは、それぞれ入力される無変調光を反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。これらの信号光は、内向き用および外向き用にそれぞれ群分波器7で分波され、AWG1または信号出力用AWG5に入力される。さらに、多波長光源40からは、WDM/TDM10およびTDM/WD M13で使用する多波長光が出力される。

【0083】図13は、信号出力用AWG5の各出力ポ

ートに接続されるWDM/TDM10の構成例を示す。WDM/TDM10は、WDM/TDM変換部14に多波長光源40から出力された多波長光(λ_a)を入力する構成である。

【0084】WDM/TDM変換部14には、波長多重信号光(図では $\lambda_0 \sim \lambda_3$)が入力される。ここでは、各波長信号光は強度変調されたパルス信号とする。WDM/TDM変換部14は、入力された複数の波長信号光を分波し、各波長ごとに電気信号に変換した後にパルス幅を圧縮して時間軸上に多重化する。さらに、この時分割多重信号で波長 λ_a の光を変調して出力する。このようにWDM/TDM10は、複数の異なる波長の光信号を単一波長の光信号に変換する機能をもつ。なお、ここでは、入出力信号光として強度変調された光信号を想定しているが、位相変調、周波数変調など他の変調方式であってもよい。

【0085】信号出力用AWG5の各出力ポートに接続されるWDM/TDM10で使用する波長 λ_a は互いに異なっており、それぞれ異なる単一波長の光に時間多重された信号が図12に示す波長多重回路11により波長多重される。この波長多重された信号は、図12の波長分離回路12で波長分離されて各TDM/WD M13に入力される。

【0086】図14は、信号入力用AWG6の各入力ポートに接続されるTDM/WD M13の構成例を示す。TDM/WD M13は、多波長光源40から出力された多波長光($\lambda_0 \sim \lambda_3$)を光分波器15で分波し、TDM/WD M変換部16に入力する構成であり、WDM/TDM10と逆の動作をする。

【0087】TDM/WD M変換部16には、単一波長の光に時間多重された信号が入力され、一旦電気信号に変換して複数の時間多重分離信号を生成する。そして、時間多重分離された各信号は、互いに異なる波長 $\lambda_0 \sim \lambda_3$ の光をそれぞれ変調し、波長多重して出力する。

【0088】このように、サブHCNの入出力端にWDM/TDM10およびTDM/WD M13を付加することにより、サブHCNをサブHCNと同一構成のネットワークのノード部分に埋め込むことが可能となる。その際、WDM/TDM10から出力される信号光の波長、TDM/WD M13から出力される信号光の波長は、それぞれネットワーク全体がHCNを構成するように設定される必要がある。図12では8ノードからなる3次HCNを2回再帰的に構成することによって、64ノードからなる6次HCNを実現している。同じような構成を繰り返すことによって、ネットワーク規模をさらに拡大することが可能である。

【0089】このように、本実施形態によれば、サブHCNを相互にHCN接続して大規模なHCNを構成する波長多重ネットワークにおいて、WDM/TDM10およびTDM/WD M13を組み合わせることによって再

偏的なネットワーク構成を可能とし、大規模なHCNが実現可能となる。

【0090】(第7の実施形態：請求項8)とて、第3～第5の実施形態では、サブHCN同士を接続するためにAWGを用いており、その間の配線はAWGのポート数および接続するサブHCN数に応じて複雑になる。例えば、AWGのポート数が4であれば、最大で16個のサブHCNのHCN接続が可能であるが、各サブHCNが互いに離れていればその間をHCN接続することは容易ではない。第7の実施形態では、空間多重(SDM)を用いることにより、サブHCN間のケーブル布設を容易にしたものである。

【0091】図15は、本発明の波長多重ネットワークの第7の実施形態を示す。本実施形態は、サブHCN00～11間を接続するために、各サブHCNの信号出力用AWG5および信号入力用AWG6に接続される入出力線を多芯光ファイバケーブル17に収容し、インターコネクションノード18に集線した構成になっている。なお、サブHCN内の構成は、第3および第5の実施形態のいずれでもよい。

【0092】インターコネクションノード18は、複数の入出力線をHCN接続する。インターコネクションノード18内のHCN接続は、光ファイバをHCN接続してもよいし、平面光導波路を用いてHCN接続する導波路パターンを形成してもよい。なお、各サブHCNの信号出力用AWG5および信号入力用AWG6は4ポートあり、最大で16個のサブHCNを接続可能であるので、インターコネクションノード18ではそのための空きポートが用意されている。

【0093】多波長光源40(外向き用の多波長光源40b)は、サブHCN00～サブHCN11を構成する各ノードでサブHCN間の接続に使用する波長の多波長光を出力する。この多波長光は、信号出力用AWG5の出力ポート0、1から入力されるように、インターコネクションノード18内の各線路に入力される。ここでは、●および○の位置に光カプラを配置し、●には図中上向きに多波長光を入力し、○には図中下向きに多波長光を入力する。各ノードでは、それぞれ入力される多波長光から各波長の無変調光を分岐し、反射型光変調器を用いて変調および折り返し送信する。

【0094】このように、サブHCNの入出力線をインターコネクションノード18に集線し、その中でHCN接続する構成にすることにより、互いに離れた位置にあるサブHCN同士を直接HCN接続する場合に比べて、配線が単純になるとともに、光ファイバ敷設の手間を簡略化することができる。これにより、経済的にHCNを構成することが可能となる。

【0095】(光合分波器54の構成例)各ノードは送信波長がそれぞれ決められるので、各ノードの光合分波器54では、それぞれ割り当てられた波長を合分波する

ように設定される。なお、光分波器53についても同様である。

【0096】図16は、光合分波器54(光分波器53)の構成例を示す。ここでは、第1の実施形態(図1)のノード000における構成を示す。図16(a)はAWG61と空間スイッチ62による構成、図16(b)に示す光スターカプラ63と波長可変フィルタ64による構成を示す。

【0097】空間スイッチ62は、例えば平面光導波路(PLC)上に熱光学効果(TO)スイッチを形成し、AWG61のポートと反射型光変調器55-1～55-3との接続を各ノードに分波する波長に応じて選択する。また、波長可変フィルタ64-1～64-3は、各ノードに分波する波長に応じてそれぞれ選択する波長を設定する。

【0098】このように、本発明の波長多重ネットワークでは各ノードが光源をもたず、図16に示すような光空間スイッチ62または可変波長フィルタ64の設定により各ノードで送受信する波長を選択することができ、したがって、各ノードの構成部品を共通にすることができ、ノードコストの低減が可能である。

【0099】(反射型光変調器55の構成例)図17は、反射型光変調器55の構成例を示す。図17(a)に示す反射型光変調器55は、インライン型の光変調器71と光サーキュレータ72を組み合わせた構成である。インライン型の光変調器71としては、例えばリチウムナイオベートをを用いた光変調器や電界吸収型の光変調器(EA変調器)や半導体光アンプを光変調器として用いたものなどが利用できる。入力ポート73から入力された無変調光は、光サーキュレータ72を介してインライン型の光変調器71に入力される。光変調器71は、外部からの電気信号(送信信号)により入力された無変調光を変調して出力する。出力された変調光は、光サーキュレータ72を介して入力ポート73に出力される。

【0100】図17(b)に示す反射型光変調器55は、マッハツェンダ型光変調器74のアーム部分を切断し、切断面にミラー75を配置した構成である。マッハツェンダ型光変調器74は、インライン型の光変調器の一つであり、ニオブ酸リチウムなどの基板に光導波路76および光分岐部77を形成し、アーム導波路部分に光制御用電極78を配置した構成である。光導波路76から入力された光は、光分岐部77で等分岐され、ミラー75で反射されて戻り、光分岐部77で合波される。光制御用電極78に外部からの電気信号(送信信号)を印加すると、一方の光導波路の屈折率が変化して通過する光に位相変調がかかる。この位相変調により、ミラー75から光分岐部77に戻ってきた2つの光の位相が逆位相になると、2つの光は互いに打ち消しあって出力されない。一方、光制御用電極78に電気信号が印加されないときには、2つの光は同位相になって光導波路76から

出力される。

【0101】図17(c)に示す反射型光変調器55は、半導体光増幅器79の一方の端面にミラー80を配置した構成である。半導体光増幅器79は、半導体基板に光導波路81を形成し、光導波路上の電流注入用電極82に電流を注入すると光増幅器として動作する。一方、電流注入用電極82に電流を注入しないか、あるいは逆バイアス電圧をかけると光吸収媒体として動作し、光は透過しない。この原理を利用し、電流注入時は入力光を増幅および反射して出力し、無電流時には反射光がない状態をつくる。

【0102】このような構成は半導体光増幅器に限らず、面発光レーザの一方のミラーを取り去って反射型光増幅器とした素子を用いてもよい。この場合、基板上面に面発光レーザ構造を作り、基板底面にミラーを金属蒸着などによって作ることが容易である。また、面発光レーザの出力光の形状が光ファイバのモード形状と整合性がよいので実装も容易である。また、アレイ化も容易である。

【0103】図17(d)に示す反射型光変調器55は、20 ハーフミラー83とミラー84を対向しておいたファブリペロー共振器の中に、電極85に印加する信号に応じて屈折率を変調できる屈折率変調媒体86を挟みこんだ構成である。入力光の一部は入力端のハーフミラー83で反射され(a)、残りの入力光はハーフミラー85を透過し、屈折率変調媒体86、ミラー84、屈折率変調媒体86、ハーフミラー83を経て出力される(b)。ここで、屈折率変調媒体86の屈折率を変調すると、ハーフミラー83の一端で2つの光の振幅が同等でかつ同位相か逆位相かを制御することができ、反射光の強度を変調することができる。なお、屈折率変調媒体86としては、ニオブ酸リチウムなどの強誘電性電気光学結晶に電極を付けたものを利用できる。

【0104】また、図17(b)~(d)に示す反射型光変調器55は、入力光が変調部を往復する構成であるので、各電極に印加する電圧を低減できるとともに、通過型の変調器に比べて相互作用長も短くて、小型化することができる。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の波長多重ネットワークは、WDM方式と周回性波長多重分配素子(例えばAWG)を組み合わせたHCNにおいて、次のような効果が得られる。

【0106】多波長光源から各ノードに送信に用いる波長の無変調光を供給し、変調して折り返し送信することにより、各ノードでは光源が不要となり、安価にノードを構成することができる。また、多波長光源は、複数のノードで共用化されるので、ノード当たりの光源単位も低くすることができる。したがって、波長多重ネットワークを低コストで実現することができる。

【0107】AWGの入出力ポートに光カプラを接続し、AWGの入出力ポートに複数のノードを接続することにより、少ないポート数のAWGを用いて大規模なHCNを実現することができる。多波長光は、AWGの入出力ポート側に備えられた光カプラを用いて入力することにより、各ノードに効率よく分配することができる。

【0108】また、AWGをサブHCN間の信号入出力用に用いることにより、HCNをさらに拡張することが可能になる。また、サブHCN内のHCN接続用(内向き用)とサブHCN間のHCN接続用(外向き用)の波長帯を分離し、波長帯ごとに台分波を行う群台分波器を用いることにより、サブHCN内外の接続をAWGで実現し、全体として配線数を削減することができる。

【0109】また、WDM/TDM、TDM/WDMの各交換回路をサブHCN接続時に用いることにより、昇格的なネットワーク構成が可能となり、現状のネットワーク構成との整合性がよい大規模なネットワークを経済的に実現することができる。

【0110】さらに、以上の各構成を組み合わせてすることにより、大規模かつ大容量のネットワークを低コストで実現することができる。なお、本発明の波長多重ネットワークは、主にLAN、WANへの適用を想定しているが、適用分野はこれに限られるものでなく、広域ネットワークや並列処理装置内のプロセッサ間、プロセッサメモリ間ネットワーク、あるいはルータ、ATMスイッチ内の配線としても適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の波長多重ネットワークの第1の実施形態を示す図。

【図2】多波長光源40の構成例を示す図。

【図3】ノード000の構成例を示す図。

【図4】本発明の波長多重ネットワークの第2の実施形態を示す図。

【図5】8ポートのAWGを用いて4次HCN(16ノード)を構成する過程を説明する図。

【図6】8ポートのAWGによる4次HCNの接続関係を示す図。

【図7】本発明の波長多重ネットワークの第3の実施形態を示す図。

【図8】信号入出力用AWG5、6の入出力ポートと入出力波長の関係を示す図。

【図9】本発明の波長多重ネットワークの第4の実施形態を示す図。

【図10】本発明の波長多重ネットワークの第5の実施形態を示す図。

【図11】第5の実施形態のサブHCNとして第2の実施形態の構成(図4)を適用した構成例を示す図。

【図12】本発明の波長多重ネットワークの第6の実施形態を示す図。

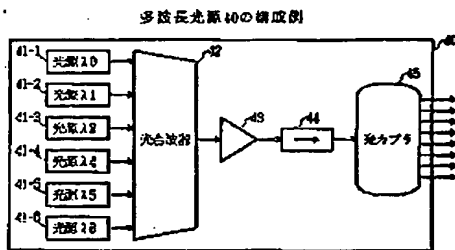
【図13】WDM/TDM10の構成例を示す図。

- 【図14】TDM/WDM13の構成例を示す図。
 【図15】本発明の波長多重ネットワークの第7の実施形態を示す図。
 【図16】光合波器54（光分波器53）の構成例を示す図。
 【図17】反射型光変調器55の構成例を示す図。
 【図18】WDM方式とAWGを組み合わせてHCNを実現する従来例を示す図。
 【図19】ハイパーキューブネットワークの構成を示す図。
 【図20】AWGの入出力ポート間の信号波長および各入出力ポートに接続されるノードの関係を示す図。
 【符号の説明】
- 1 アレイ導波路回折格子型フィルタ（AWG）
 - 2、3 光カプラ
 - 5 信号出力用AWG
 - 6 信号入力用AWG
 - 7 群分波器
 - 8 群合波器
 - 9 サブHCN
 - 10 波長多重・時間多重変換回路（WDM/TDM）
 - 11 波長多重回路
 - 12 波長分離回路
 - 13 時間多重・波長多重変換回路（TDM/WDM）
 - 14 WDM/TDM変換部
 - 15 光分波器
 - 16 TDM/WDM変換部
 - 17 多芯光ファイバケーブル
 - 18 インターコネクションノード
 - 40 多波長光源

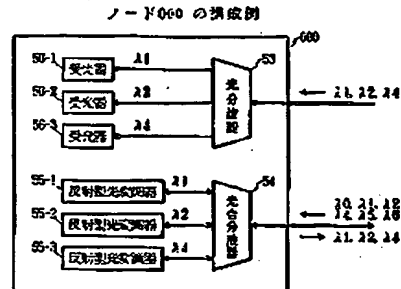
- * 41 光源
- 42 光合波器
- 43 光増幅器
- 44 光アイソレータ
- 45 光カプラ
- 53 光分波器
- 54 光合波器
- 55 反射型光変調器
- 56 受光器
- 10 61 アレイ導波路回折格子型フィルタ（AWG）
- 62 光空間スイッチ
- 63 光カプラ
- 64 可変波長フィルタ
- 71 インライン型の光変調器
- 72 光サーキュレータ
- 73 入力ポート
- 74 マッハツェンダ型光変調器
- 75 ミラー
- 76 光導波路
- 20 77 光分岐部
- 78 光制御用電極
- 79 半導体光増幅器
- 80 ミラー
- 81 光導波路
- 82 電流注入用電極
- 83 ハーフミラー
- 84 ミラー
- 85 電極
- 86 屈折率変調媒体

* 30

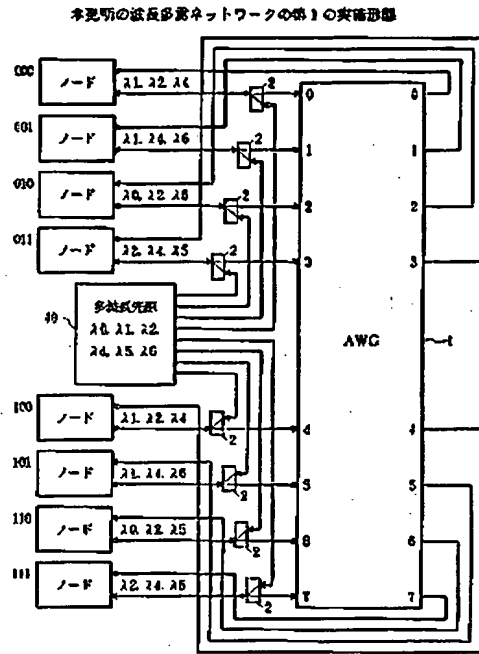
【図2】



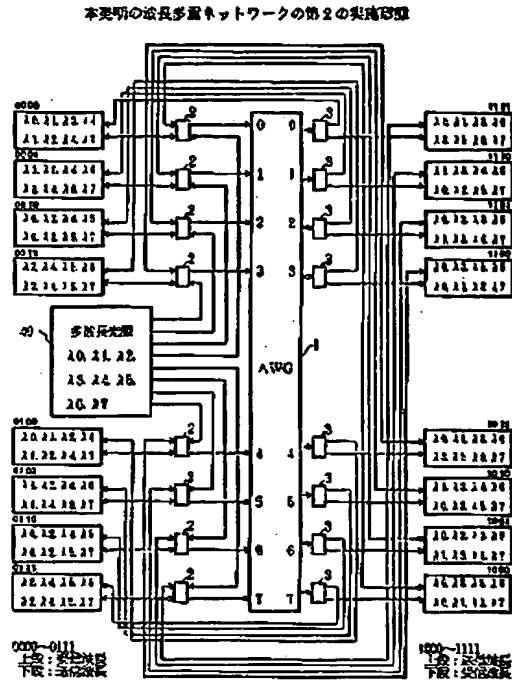
【図3】



【図1】



【図4】



【図6】

8ポートのAWGによる4次元CNの接続関係

出力	入力	0	1	2	3	4	5	6	7
000	000	●	○	○	○	○	○	○	○
001	001	○	●	○	○	○	○	○	○
010	010	○	○	●	○	○	○	○	○
011	011	○	○	○	●	○	○	○	○
100	100	○	○	○	○	●	○	○	○
101	101	○	○	○	○	○	●	○	○
110	110	○	○	○	○	○	○	●	○
111	111	○	○	○	○	○	○	○	●

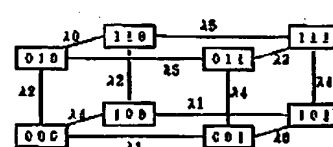
【図8】

信号入出力用AWGの、6の入出力ポートと入出力波長の関係

出力ポート	0	1	2	3
0	λ0	λ1	(λ2)	(λ3)
1	λ1	λ2	(λ3)	(λ0)
2	λ2	λ3	(λ0)	(λ1)
3	λ3	λ0	(λ1)	(λ2)

【図19】

ハイパーキューブネットワークの構成



【図5】

8ポートのAWGを用いて4次HCNを構成する過程

(a)

出力	入力	0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	10	11	12	13	14	15	16	17
0001	1	21	22	23	24	25	26	27	28
0010	2	31	32	33	34	35	36	37	38
0011	3	41	42	43	44	45	46	47	48
0100	4	51	52	53	54	55	56	57	58
0101	5	61	62	63	64	65	66	67	68
0110	6	71	72	73	74	75	76	77	78
0111	7	81	82	83	84	85	86	87	88

4-1回

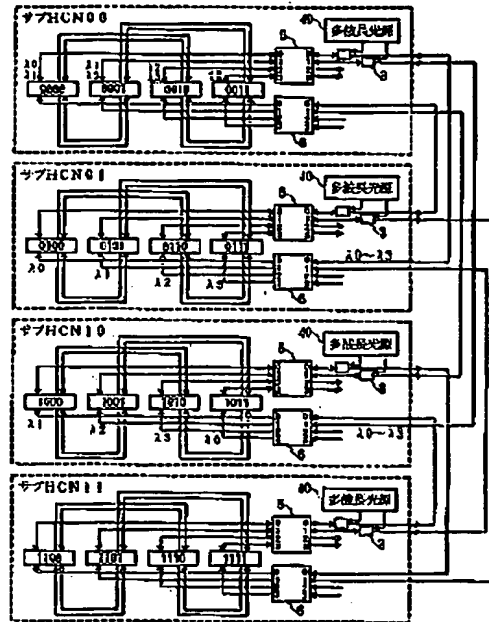
(b)

出力	入力	0	1	2	3	4	5	6	7
1000	0	19	20	21	22	23	24	25	26
1001	1	31	32	33	34	35	36	37	38
1010	2	41	42	43	44	45	46	47	48
1011	3	51	52	53	54	55	56	57	58
1100	4	61	62	63	64	65	66	67	68
1101	5	71	72	73	74	75	76	77	78
1110	6	81	82	83	84	85	86	87	88
1111	7	91	92	93	94	95	96	97	98

4-2回

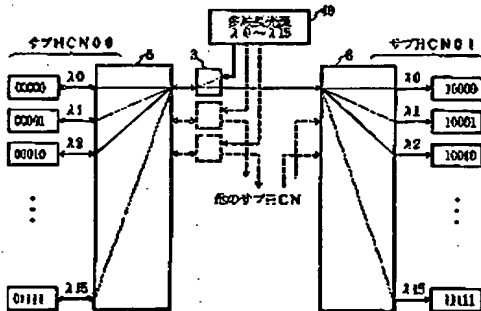
【図7】

本発明の波長多重ネットワークの第3の実施形態



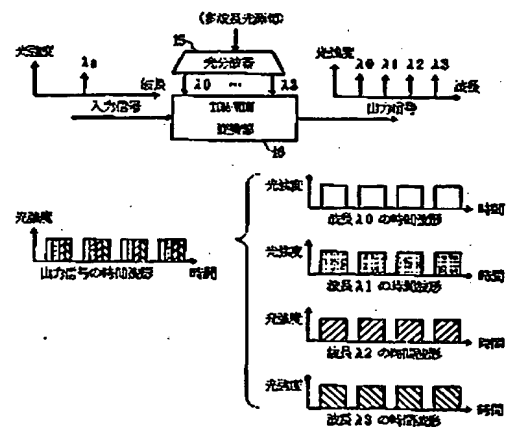
【図9】

本発明の波長多重ネットワークの第4の実施形態



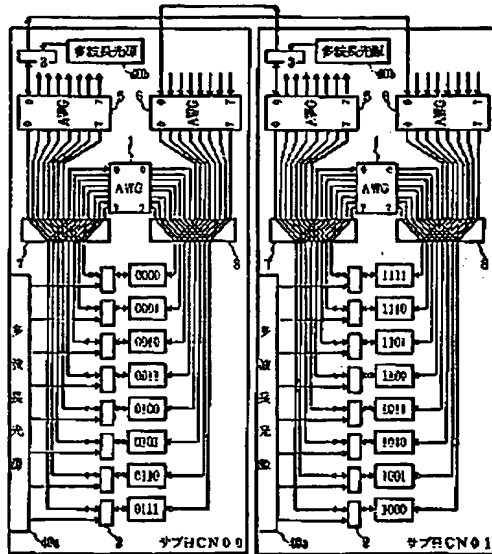
【図14】

TDM/WDM 13の構成例



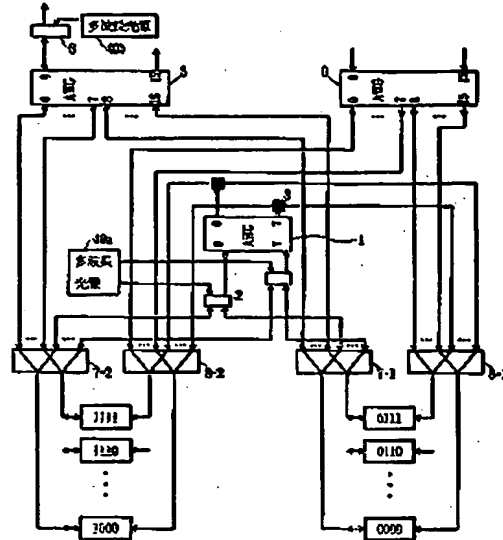
【図10】

本発明の波長多重ネットワークの第5の実施形態



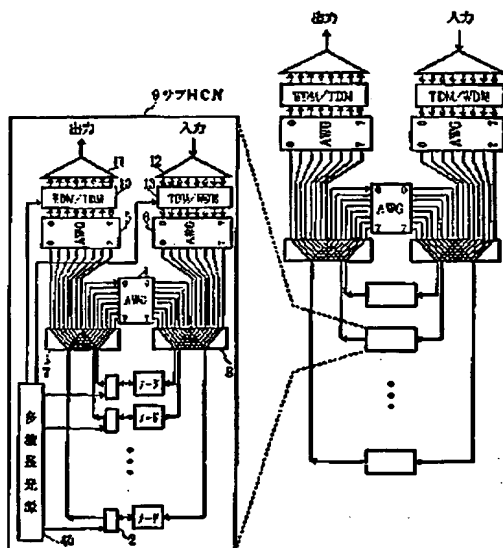
【図11】

第5の実施形態のサブHCNとして第2の実施形態の構成(図4)を適用した例



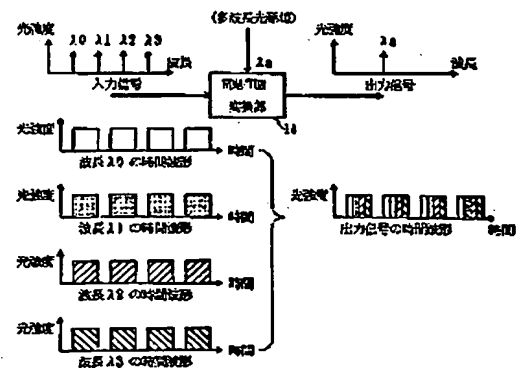
【図12】

本発明の波長多重ネットワークの第6の実施形態



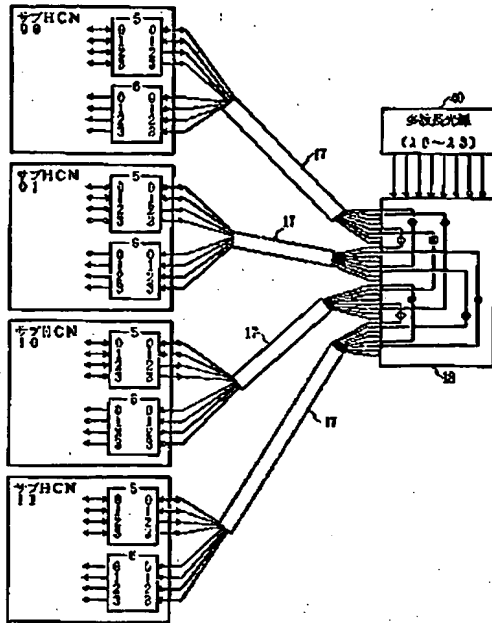
【図13】

WDM/TDM 10 の構成例



【図15】

本発明の多長多量ネットワークの第7の実施形態



【図20】

AWGの入出力ポート間の信号経路および各入出力ポートに接続されるノードの接続

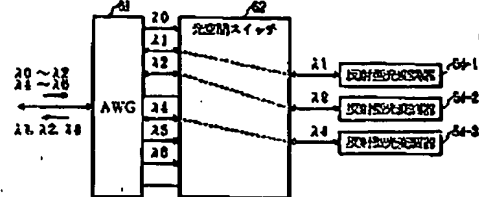
出力	0	1	2	3	4	5	6	7	ポート群
入力	0	1	2	3	4	5	6	7	
000	0	10	20	30	40	50	60	70	
001	1	11	21	31	41	51	61	71	
010	2	12	22	32	42	52	62	72	
011	3	13	23	33	43	53	63	73	
100	4	14	24	34	44	54	64	74	
101	5	15	25	35	45	55	65	75	
110	6	16	26	36	46	56	66	76	
111	7	17	27	37	47	57	67	77	

ポート群

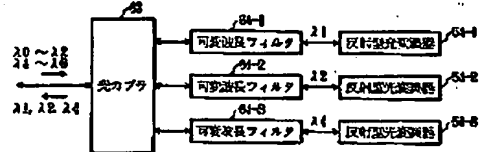
【図16】

光台分装置54（光分岐器54）の構成例

(a) 第1の実施形態（図1）のノード50における構成

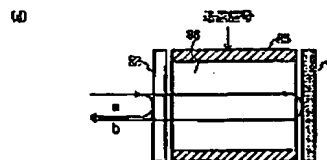
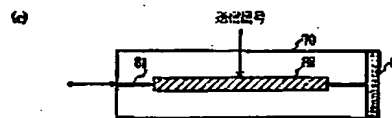
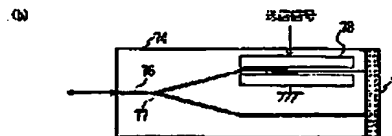
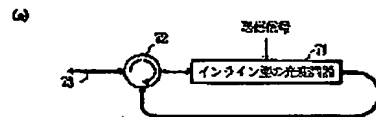


(b) 第1の実施形態（図1）のノード50における構成



【図17】

反射型光変換器55の構成例



【図18】

